

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Instituto de Educação



ENSINO DA PROGRAMAÇÃO INFORMÁTICA PARA ESTUDANTES DE
ARQUITETURA: Aplicação do Modelo Instrutivo 4C/ID e seus Efeitos nos Conhecimentos,
Motivação e Aprendizagem Autodirigida

Thiago Bessa Pontes

Orientadora: Professora Doutora Guilhermina Maria Lobato Ferreira de Miranda

Tese especialmente elaborada para obtenção de grau de Doutor em Educação na área de
especialização em Tecnologia da Informação e Comunicação em Educação.

2020

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Instituto de Educação



ENSINO DA PROGRAMAÇÃO INFORMÁTICA PARA ESTUDANTES DE
ARQUITETURA: Aplicação do Modelo Instrutivo 4C/ID e seus Efeitos nos Conhecimentos,
Motivação e Aprendizagem Autodirigida

THIAGO BESSA PONTES

Orientadora: Professora Doutora Guilhermina Maria Lobato Ferreira de Miranda

Tese especialmente elaborada para obtenção de grau de Doutor em Educação na área de
especialização em Tecnologia da Informação e Comunicação em Educação.

Júri:

Presidente: Doutor Feliciano Henriques Veiga, Professor Catedrático e membro do Conselho Científico do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Doutora Maria Teresa Ribeiro Pessoa, Professora Associada Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação da Universidade de Coimbra;
- Doutor Luís Francisco Mendes Gabriel Pedro, Professor Auxiliar Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro;
- Doutora Guilhermina Maria Lobato Ferreira de Miranda, Professora Auxiliar com Agregação Instituto de Educação da Universidade de Lisboa;
- Doutor Luís Alexandre da Fonseca Tinoca, Professor Auxiliar Instituto de Educação da Universidade de Lisboa;
- Doutor João Manuel Nunes Piedade, Professor Auxiliar Convidado Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais pelo exemplo, e por me proporcionar o dom da vida.

Dedico aos meus irmãos, seus cônjuges e filhos, que me fazem acreditar no amor filos.

Dedico à minha esposa Deborah, que todo dia renova seu amor ao meu lado, nos cuidados de nossa filha Jessicah Maria a quem também dedico. Assim como aos nossos filhos que virão.

Aos queridos Cícero, Socorro, Daniel, Hanna e Júlia e seus filhos que virão, por fazerem minha família ser completa.

Dedico aos meus amigos, pois sabem que sempre serão mais que amigos, como anjos.

*“Todo saber humano tem em si o
testemunho do novo saber que já anuncia.
Todo saber traz consigo sua própria
superação.”*

(Paulo Freire)

Agradecimentos

Agradeço a toda a minha família.

Agradeço ao programa de Doutoramento em Educação na especialidade de Tecnologia da Informação e Comunicação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, por tornar possível a realização de contribuições científicas cada vez mais próximas das pessoas. Agradeço à FCT por financiar este programa.

Agradeço à Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo financiamento para realização do curso de inverno, importante momento para esta investigação

Agradeço ao Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa (IST/Ulisboa), por ter autorizado que parte deste estudo fosse realizado junto as turmas do curso de licenciatura em arquitectura.

Agradeço aos amigos do *Digital & Research Learning Environments* (DRLE - <http://drle.ie.ulisboa.pt>), *Design & Computation Group* (DCG - <http://dgc.fat.utl.pt>), *Algorithmic Design for Architecture* (ADA - <https://algorithmicdesign.github.io>), *Laboratory of Automation and Prototyping for Architecture and Construction* (LAPAC - <http://lapac.fec.unicamp.br/>) e *Computation and Design Group* (CODE - <https://computationdesign.github.io>) que formam um ecossistema importante e forte na qualidade dos trabalhos por eles produzidos, nos laços de amizade que foram criados, e na inestimável contribuição que fazem à ciência. Aqui em especial aos professores José Nuno Beirão (DCG), Maria Gabriela Celani (LAPAC) e António Menezes Leitão (ADA) pela acolhida a mim dada, e por me renovar as esperanças na construção de um mundo mais justo aproximando as pessoas.

À Prof. Doutora Guilhermina Lobato Ferreira de Miranda a maestrina orientadora deste trabalho, que exerceu a aplicação de sua paciência e perseverança em me acolher e conduzir nos caminhos da ciência. Fez-se forte e professora no sentido mais amplo da palavra, me fazendo perceber que a prática docente não está somente no passar ensinamentos, mas sim em criar momentos para que eles aconteçam, o que me tornou hoje um professor de uma visão diferente anteriormente a suas intervenções. Obrigado, querida professora. Minha breve passagem aqui ganhou um melhor significado.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo medir os efeitos sobre a motivação de realização, a aprendizagem autodirigida, o esforço mental e a aquisição e transferência de conhecimentos de programação de 64 alunos, sendo 45 alunos do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa em Portugal (IST/ULISBOA), e 19 alunos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas no Brasil (FEC/UNICAMP), que estudavam programação de computadores em linguagem textual Python para uso em softwares de modelagem de computer-aided design (CAD).

O problema investigado neste estudo analisou em que medida o modelo instrucional 4C/ID influencia a aprendizagem da programação de computadores em alunos de arquitetura. Tentámos também compreender as dificuldades da aprendizagem da programação informática em Python, destinada a arquitetos, e como o modelo de design instrucional 4C/ID pode apoiar a superar algumas dessas dificuldades.

Para responder ao problema de investigação optou-se por uma metodologia de investigação de natureza predominantemente quantitativa, com um *design* quase-experimental, recorrendo a grupos de controlo e grupos experimentais dentro das mesmas turmas, durante o ano letivo 2017/2018 no IST/ULISBOA, e uma turma no curso de inverno em Julho de 2017 da FEC/UNICAMP.

Os resultados mostraram que em geral a motivação de realização se manteve estável ao longo do experimento, o que pode significar que mudanças a este nível só serão alcançadas com experiências que tenham uma maior duração. Contudo houve uma melhoria a favor do Domínio 1 (Motivação de Realização), caracterizada pela competitividade e orientação para alcançar objetivos. Assim como na motivação de realização, para a aprendizagem autodirigida, em geral, não foram encontrados resultados significativos neste experimento.

Em análises mais detalhadas podemos alegar que os sujeitos desta amostra se apresentam mais voltados a uma Aprendizagem Ativa, isto é, que os sujeitos apresentam uma aceitação da responsabilidade pessoal pela sua aprendizagem, e que possuem uma percepção mais positiva das suas capacidades de aprender em várias situações e com os outros.

Para o esforço mental os resultados obtidos revelam que os estudantes dos grupos experimentais alegaram que ocorreu uma alteração significativa ao perceberem um menor esforço mental aplicado a resolver os testes de Aquisição e de Transferência de Conhecimentos.

Este resultado é importante pois valida a nossa hipótese central que visou testar a eficiência do Modelo de Design Instrucional 4C/ID: Uma percepção de um esforço mental menor com um melhor desempenho nos testes. De facto, os resultados dos grupos experimentais nos testes de conhecimentos e de transferências de conhecimentos foram melhores dos que dos estudantes que integraram os grupos de controlo.

Palavras-chave: Aprendizagem de Programação em Python; Aprendizagem Multimédia; Carga Cognitiva; Desenho Assistido por Computador; Motivação de Realização; Modelo Instrutivo 4C/ID.

Abstract

This study aimed to measure the effects over achievement motivation, self-directed learning, mental effort, the acquisition and the transfer of programming knowledge of 64 students, 45 students from the Instituto Superior Técnico of the University of Lisbon in Portugal (IST/ULISBOA), and 19 students from the Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas in Brazil (FEC/UNICAMP), who studied computer programming in Python textual language for use in computer-aided design modelling (CAD).

The problem investigated in this study analysed the extent to which the 4C/ID instructional model influences in learning computer programming for architecture students. We have also tried to understand the difficulties in computer programming learning in Python, intended for architects, and how the 4C/ID instructional design model can support overcoming some of these difficulties.

In order to answer the research question, it was chosen a research method of predominantly quantitative nature, with a quasi-experimental design, resorting to control and experimental groups within the same classes, during the 2017/2018 academic year at IST/ULISBOA, and a winter course class in July of 2017, at FEC/UNICAMP. The results have shown that, in general, the achievement motivation remained stable throughout the experiment, which may mean that changes at this level will only be achieved with longer length experiences.

However, there was an improvement in favour of Domain 1 (achievement motivation), characterized by competitiveness and orientation to achieve objectives. As in the achievement motivation, for self-directed learning, in general, no significant results were found in this experiment. In more detailed analyses we may assert the subjects of this sample are more focused on an Active Learning, that is, the subjects present acceptance of the

personal responsibility for their learning, having a better perception of their learning capacities in various situations and with others.

For the mental effort, the obtained results reveal that the students of the experimental groups claimed that a significant alteration occurred when perceived a smaller mental effort applied to solve Acquisition and Transferring of Knowledge testes. These results are important because they validate our central hypothesis that aimed to test the efficiency of the Instructional Design Model 4C/ID: A perception of a smaller mental effort with a better performance in the tests. In fact, the results of the experimental groups in knowledge tests and transfer of knowledge were better than those of the students in the control groups.

Keywords: Python Programming Learning; Multimedia Learning; Cognitive Load; Computer-Aided-Design; Achievement Motivation; Instructional Model 4C/ID.

Índice Geral

Dedicatória.....	v
Agradecimentos.....	ix
Resumo	xi
Abstract.....	xiii
Índice Geral	xv
Índice de Figuras	xix
Índice de Quadros	xxiii
Abreviaturas e Siglas	xxvii
Introdução.....	1
Enquadramento da Investigação	6
Problema, Questões e Hipóteses	6
Design de Investigação	7
Estrutura da Tese.....	8
Enquadramento Teórico e Revisão de Literatura.....	11
O Ensino da Programação de Computadores.....	11
A Programação de Computadores na Arquitetura	13
A Programação de Computadores em Ferramentas CAD.	16
Dificuldades Associadas à Aprendizagem da Programação de Computadores.	18
O Modelo Four-Components to Instructional Design 4C/ID.....	20
Teoria da Carga Cognitiva	23
Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia.....	25
Aplicações do Modelo 4C/ID.....	27

Análise Bibliométrica e Metassíntese	27
Metodologia das Análises	29
Evolução das Publicações	32
Áreas de Publicação	33
Revistas e Escopo Geográfico.....	34
Autores	36
Metassíntese - Análise de Conteúdo	39
Ensino de Programação de Computadores com Suporte no Modelo 4C/ID	46
Motivação e Aprendizagem da Programação	50
Motivação de Realização	52
Aprendizagem Autodirigida.....	54
Esforço Mental Percecionado	55
O Ambiente Instrutivo.....	59
Gestor do ambiente	60
Instrutor	62
Aluno.....	65
Conceção das aulas a partir do Modelo 4C/ID.....	67
Metodologia do Experimento.....	79
Problema, Questões e Hipóteses de Investigação	79
Desenho da Investigação.....	83
Amostra	87
Competências Tecnológicas dos Sujeitos da Amostra.....	89
Instrumentos de Recolha de Dados	95
Escala de Motivação de Realização	97

Tradução e Testagem da Escala de Motivação de Realização	99
Sensibilidade	100
Análise Fatorial	102
Fiabilidade.....	106
Escala de Autoaprendizagem	109
Entrevista Semiestruturada.....	111
Escala de Esforço Mental.....	114
Aquisição e Transferência de Conhecimentos	115
A Aquisição de Conhecimento.....	115
A Transferência de Conhecimento.....	117
Provas de Avaliação da Aquisição e Transferência de Conhecimentos	118
Apresentação e Análise dos Resultados.....	121
Motivação de Realização	123
Autoaprendizagem	131
Escala de Esforço Mental.....	141
Aquisição e Transferência de Conhecimentos	149
Análise de Conteúdo: Entrevista Semiestruturada	157
Conclusões e Reflexões Finais	161
Principais Resultados	161
Consequências Práticas do Estudo	169
Limitações do Estudo	170
Pistas para Futuras Investigações.....	171
Referências Bibliográficas	173
Apêndices	185

Apêndice A. Autorização para realização do experimento junto a IST	185
Apêndice B. Autorização para mencionar o nome neste estudo.....	186
Apêndice C. Carta de agradecimento e parceria investigativa.....	187
Apêndice D. Autorização para mencionar o nome neste estudo.....	188
Apêndice E. Caracterização Sociodemográfica e Habilidades Tecnológicas.....	189
Apêndice F: Escala de Autoaprendizagem	191
Apêndice G: Escala de Motivação de Realização.....	193
Apêndice H: Escala de Esforço Mental	194
Apêndice I: Guião de Entrevista Semiestruturada	195
Apêndice J: Prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento – 1º Exp.....	197
Apêndice K: Prova de Avaliação da Transferência de Conhecimento – 1º Exp....	199
Apêndice L: Prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento – 2º Exp.....	200
Apêndice M: Prova de Avaliação da Transferência de Conhecimento – 2º Exp...	202
Apêndice N: Parecer da Comissão de Ética IE/ULISBOA.....	203

Índice de Figuras

<i>Figura 1.</i> Exemplo de uma forma paramétrica.....	2
<i>Figura 2.</i> Estação de metro, autocarros e comboio Gare do Oriente na cidade Lisboa.....	3
<i>Figura 3.</i> Museu Arte Arquitetura e Tecnologia de Lisboa.....	4
<i>Figura 4.</i> Ivan Sutherland operando o "sketchpad".....	16
<i>Figura 5.</i> Modelo ADDIE de ISD.	19
<i>Figura 6.</i> Arquitetura do Modelo 4C/ID.....	21
<i>Figura 7.</i> Representação do modelo cognitivo da aprendizagem multimédia.....	26
<i>Figura 8.</i> Total de artigos nas bases de dados por ano	30
<i>Figura 9.</i> Evolução das publicações por ano.	32
<i>Figura 10.</i> Filiação das revistas científicas pelo país de edição	35
<i>Figura 11.</i> Top 5 autores pelo número de artigos publicados	36
<i>Figura 12.</i> Filiação dos autores por país.....	37
<i>Figura 13.</i> Razão das Universidades por país	38
<i>Figura 14.</i> Razão das Universidades por continente	39
<i>Figura 15.</i> Nuvem de palavras oriunda da busca livre do corpus da análise.....	40
<i>Figura 16.</i> Relação das palavras com maior significância pelos autores	43
<i>Figura 17.</i> Linha do tempo das publicações significativas do modelo 4C/ID.....	50
<i>Figura 18.</i> Expressão para cálculo da Eficiência Instrucional	56
<i>Figura 19.</i> Apresentação gráfica usada para visualizar a eficiência instrucional.....	56
<i>Figura 20.</i> Organograma do Elroy Learning – visão do gerente.....	61
<i>Figura 21.</i> Captura da tela com Dashboard na visão do gerente	61
<i>Figura 22.</i> Organograma do Elroy Learning - visão do instrutor.....	62
<i>Figura 23.</i> Captura da tela com Dashboard na visão do instrutor	62
<i>Figura 24.</i> Captura de tela do detalhe do curso, na aba "Course" na visão do instrutor	63

<i>Figura 25.</i> Estrutura das tarefas no Modelo 4C/ID segundo Melo e Miranda	64
<i>Figura 26.</i> Captura de tela do detalhe do curso, na aba "Lessons" na visão do instrutor.....	65
<i>Figura 27.</i> Organograma do Elroy Learning - visão do aluno	66
<i>Figura 28.</i> Captura de tela do detalhe do curso, na aba "Lessons" na visão do aluno	67
<i>Figura 29.</i> Captura de tela das classes de tarefas - visão do aluno.....	68
<i>Figura 30.</i> Estrutura das classes de tarefas I propostas por Melo e Miranda (2015)	69
<i>Figura 31.</i> Detalhamento das Tarefas de Aprendizagem das classes de tarefa I.....	69
<i>Figura 32.</i> Captura de tela com tarefa de aprendizagem de auto completar	70
<i>Figura 33.</i> Captura de tela com tarefa de aprendizagem de múltipla escolha.....	71
<i>Figura 34.</i> Captura de tela com tarefa de aprendizagem de múltipla escolha com feedback..	71
<i>Figura 35.</i> Estrutura das classes de tarefas II propostas por Melo e Miranda (2015)	72
<i>Figura 36.</i> Detalhamento das Tarefas de Aprendizagem das classes de tarefa II	72
<i>Figura 37.</i> Estrutura das classes de tarefas III propostas por Melo e Miranda (2015).....	73
<i>Figura 38.</i> Detalhamento das Tarefas de Aprendizagem das classes de tarefa III	73
<i>Figura 39.</i> Captura de tela da tarefa de representações abstratas com o uso de Listas	74
<i>Figura 40.</i> Captura de tela da tarefa de representações gráficas com Funções Recursivas.....	74
<i>Figura 41.</i> Captura de tela com tarefa de aprendizagem de análise de script com feedback ..	75
<i>Figura 42.</i> Captura de tela indicando a tarefa de aprendizagem em sequência.....	76
<i>Figura 43.</i> Captura de tela após conclusão das tarefas de aprendizagem.....	77
<i>Figura 44.</i> Diagrama de pesquisa adaptado (Fonte: Gil, 2010).....	84
<i>Figura 45.</i> Infográfico com os procedimentos experimentais adotados.....	85
<i>Figura 46.</i> Design por processo de combinação.....	86
<i>Figura 47.</i> Design da investigação ao longo do experimento	87
<i>Figura 48.</i> Tempo diário de uso da internet	91
<i>Figura 49.</i> Boxplot das médias pré e pós-teste da Motivação de Realização.....	129

<i>Figura 50.</i> Boxplot por domínios em pré-teste e pós-teste da Motivação de Realização	130
<i>Figura 51.</i> Boxplot das médias pré-teste e pós-teste da autoaprendizagem	137
<i>Figura 52.</i> Boxplot por domínios em pré-teste e pós-teste da EAA.....	139
<i>Figura 53.</i> Sumário de teste de hipóteses para o Grupo 2 – Funções.....	148
<i>Figura 54.</i> Boxplot Kruskal-Wallis Aquisição de Conhecimento Grupo 2 - Funções.....	148
<i>Figura 55.</i> Boxplot Kruskal-Wallis Transferência de Conhecimento Grupo 2 – Funções ...	149
<i>Figura 56.</i> Boxplot da Aquisição de Conhecimento – Grupo 1 - Listas	153
<i>Figura 57.</i> Boxplot da Transferência de Conhecimento – Grupo 1 - Listas.....	154

Índice de Quadros

Quadro 1 <i>Tipos de Carga Cognitiva</i>	24
Quadro 2 <i>Pressupostos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia</i>	25
Quadro 3 <i>Sete princípios para elaboração de documento multimédia</i>	27
Quadro 4 <i>Artigos encontrados em mais de uma base de dados</i>	31
Quadro 5 <i>Os 10 artigos mais citados</i>	33
Quadro 6 <i>As 10 palavras-chave mais citadas</i>	34
Quadro 7 <i>As revistas onde foram publicados mais artigos sobre o modelo 4C/ID</i>	35
Quadro 8 <i>Filiação dos autores por universidade</i>	38
Quadro 9 <i>As 10 palavras com maior frequência</i>	41
Quadro 10 <i>Comparativo das 10 palavras pelos nodes</i>	42
Quadro 11 <i>Matrix Coding das 4 palavras frequentes versus autores</i>	43
Quadro 12 <i>Escopo das revistas que mais publicam sobre 4C/ID</i>	47
Quadro 13 <i>País de coleta de dados</i>	87
Quadro 14 <i>Apresentação dos sujeitos por género</i>	88
Quadro 15 <i>Apresentação dos sujeitos por idade</i>	88
Quadro 16 <i>Distribuição dos sujeitos por estado civil</i>	89
Quadro 17 <i>Locais de uso da internet ^a</i>	90
Quadro 18 <i>Fins de uso da internet ^a</i>	90
Quadro 19 <i>Autoavaliação dos conhecimentos em informática (versão brasileira)</i>	91
Quadro 20 <i>Autoavaliação em linguagem de programação</i>	93
Quadro 21 <i>Desafios de aprender linguagem textual de programação</i>	93
Quadro 22 <i>Motivação para estudar programação de computadores</i>	94
Quadro 23 <i>Sensibilidade dos itens da escala de Motivação de Realização</i>	101
Quadro 24 <i>Relação dos itens por dimensão</i>	103

Quadro 25 <i>Teste de KMO e Bartlett's com 32 itens</i>	103
Quadro 26 <i>Teste de KMO e Bartlett's com 21 itens</i>	104
Quadro 27 <i>Análise Fatorial com Rotação Varimax</i>	105
Quadro 28 <i>Relação dos itens entre análise de conteúdo e AFE</i>	106
Quadro 29 <i>Definição do Alpha para cada fator (5)</i>	107
Quadro 30 <i>Resultados obtidos do coeficiente de fiabilidade pelo Alpha de Cronbach</i>	107
Quadro 31 <i>Teste de KMO e Bartlett's com 10 itens</i>	107
Quadro 32 <i>Análise Fatorial com Rotação Varimax com 2 dimensões</i>	108
Quadro 33 <i>Resultados do coeficiente de fiabilidade pelo Alpha de Cronbach por fator</i>	108
Quadro 34 <i>Resultados do coeficiente de fiabilidade pelo Alpha de Cronbach (10 itens)</i>	108
Quadro 35 <i>Organização da Escala de Autoaprendizagem</i>	111
Quadro 36 <i>Estatística Descritiva da Escala de Motivação de Realização</i>	124
Quadro 37 <i>Estatística Descritiva da Escala de Motivação de Realização por domínio</i>	125
Quadro 38 <i>Estatística Descritiva da Escala de Motivação de Realização por item</i>	126
Quadro 39 <i>Teste de Homogeneidade da Variância para Motivação de Realização</i>	128
Quadro 40 <i>Teste t para Amostras Emparelhadas para a EMR</i>	128
Quadro 41 <i>Teste t das Amostras Emparelhadas para a EMR, por domínio</i>	130
Quadro 42 <i>Estatística Descritiva da Escala de Autoaprendizagem</i>	132
Quadro 43 <i>Estatística Descritiva da Escala de Autoaprendizagem por domínio</i>	133
Quadro 44 <i>Estatística Descritiva das dimensões da Autoaprendizagem por item</i>	135
Quadro 45 <i>Teste de Homogeneidade da Variância para a variável Autoaprendizagem</i>	136
Quadro 46 <i>Teste t para Amostras Emparelhadas para a EAA</i>	137
Quadro 47 <i>Teste t das Amostras Emparelhadas para a EAA, por domínio</i>	138
Quadro 48 <i>Dimensão Autonomia na Aprendizagem - EAA</i>	140
Quadro 49 <i>Estatística Descritiva para os Testes de Conhecimento</i>	142

Quadro 50 <i>Teste de Normalidade da variável de Esforço Mental para o Grupo 1- Listas...</i>	143
Quadro 51 <i>Teste de Homogeneidade da Variância do Esforço Mental do Grupo 1- Listas</i>	144
Quadro 52 <i>Teste de Normalidade do Esforço Mental para o Grupo 2 – Funções</i>	144
Quadro 53 <i>Teste de Homogeneidade da Variância Esforço Mental do Grupo 2 - Funções</i>	144
Quadro 54 <i>Descritivas do teste t para Aquisição de Conhecimento no Grupo 1 – Listas</i>	145
Quadro 55 <i>t-Student Amostras Independentes na Aquisição de Conhecimento no Grupo 1 – Listas</i>	146
Quadro 56 <i>Estatística Descritiva das provas de Conhecimento</i>	151
Quadro 57 <i>Teste de Normalidade na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 1 – Lista</i>	152
Quadro 58 <i>Teste de Homogeneidade da Variância na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 1 – Listas</i>	152
Quadro 59 <i>t-student para Amostras Independentes na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 1 – Listas</i>	153
Quadro 60 <i>Teste de Normalidade na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 2 – Funções</i>	155
Quadro 61 <i>Teste de Homogeneidade da Variância na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 2 - Funções</i>	155
Quadro 62 <i>t-student para Amostras Independentes na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 2 - Funções</i>	156
Quadro 63 <i>Síntese da Aquisição e Transferência de Conhecimentos</i>	157

Abreviaturas e Siglas

4C/ID	Four Components to Instructional Design
ADDIE	Acrónimo de: Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação
AFE	Análise Fatorial Exploratória
ANOVA	Análise de Variância
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer-Aided Design
CCT	Centro de Ciências e Tecnologia
CRUD	Acrónimo de: Create, Read, Update e Delete
CSS	Cascading Style Sheets
DCG	Design Computational Group
EAA	Escala de Autoaprendizagem
EMR	Escala de Motivação de Realização
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FEC/UNICAMP	Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas
HTML	HyperText Markup Language
ID	Instructional Design
IE	Instituto de Educação
ISD	Instructional System Design
IST	Instituto Superior Técnico
JIT	Just-in-time
KMO	Kaiser-Meyer-Olkin Measure
Less	Leaner Style Sheets

MIT	Massachusetts Institute of Technology
MySQL	Structured Query Language
PHP	Hypertext Preprocessor
Sass	Syntactically Awesome StyleSheets
SCLM	Subjective Cognitive Load Measurement Scale
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TPL	Textual Programming Language
UFCA	Universidade Federal do Cariri
ULISBOA	Universidade de Lisboa
URL	Uniform Resource Locator
VPL	Visual Programming Language
W3C	World Wide Web Consortium

Introdução

A literatura especializada, no domínio da aprendizagem inicial da programação de computadores para os estudantes de informática, tem analisado as dificuldades que os estudantes encontram, entre elas: o raciocínio abstrato, as heurísticas de resolução de problemas, os erros de sintaxe e a algoritmia. Contudo, estudos como os de Caspersen e Kölling (2009) apontam que a maior dificuldade dos iniciantes está em combinar a utilização dos conceitos básicos de programação e o seu uso efetivo na codificação. Os alunos entendem os conceitos das estruturas das linguagens de programação, mas não sabem como utilizá-los no código.

Rodrigues (2002), entre as dificuldades de aprendizagem de programação de computadores para iniciantes, destacou que desenvolver o raciocínio lógico é um obstáculo a ser ultrapassado pelos alunos, que em sua maioria estão acostumados a técnicas de memorização e repetição de conteúdos que, para o caso, são insuficientes.

O mesmo pode ser encontrado no estudo de Borges (2000) que trata o ensino instrucionista como limitante nesse aprendizado. Para o autor, os métodos tradicionais não conseguem motivar os alunos a interessar-se pelo aprendizado.

A abstração é um outro fator de preocupação no aprendizado de programação para iniciantes (Rapkiewicz et al., 2006, p. 2). Muitos alunos não conseguem ou têm muitas dificuldades em desenvolver o raciocínio lógico para poder abstrair os problemas em busca de soluções computacionais em forma de programas.

No contexto do uso da programação aqui estudada, se faz necessário compreender que as formas paramétricas são concebidas a partir de sistemas generativos de projetos de computador que tiveram o trabalho de Mitchel (1975) “The theoretical foundations of computer-aided architectural design” como suporte. Nele são definidos elementos capazes de

produzir soluções para os problemas dos projetos que são elaborados pelos usuários de ferramentas de Desenho Assistido por Computador ou *Computer-Aided Desing* - CAD, como os arquitetos. Para a professora Celani (2008),

“as mais importantes estratégias do projeto generativo são as combinações, as substituições, a parametrização, as restrições de contexto, a aleatoriedade, a emergência, a otimização e a combinação de duas ou mais delas”. (p. 10).

Em termos práticos, o que a professora Celani afirma pode ser exemplificado na Figura 1, com uma forma paramétrica de um banco criada por Matthias Pliessnig chamado de “Pinch Bench”.



Figura 1. Exemplo de uma forma paramétrica

[disponível em: <http://static1.squarespace.com/static/532322b0e4b0556272c30f02/548f4f0ee4b0b83c91b23659/54d7e863e4b07462f19eea65/1478032254467/?format=1000w>]

Importantes obras arquitetônicas que utilizam estas formas são do arquiteto e engenheiro espanhol Santiago Calatrava Valls. Suas obras (de arte) compõem os mais importantes cenários urbanos das grandes cidades do mundo. Como exemplo real dessas formas, na Figura 2 ilustramos a obra deste arquiteto, presente na estação de comboios do Oriente em Lisboa.



Figura 2. Estação de metro, autocarros e comboio Gare do Oriente na cidade Lisboa

Fonte: <https://i0.bookcdn.com/data/Photos/Big/3004/300415/300415564/Tryp-Lisboa-Oriente-photos-Exterior.jpeg>

Podemos deslumbrar-nos também com mais uma dessas formas na fachada do Museu Arte Arquitetura e Tecnologia de Lisboa, a mais recente obra mundial inaugurada nessas condições tecnológicas, como pode ser visto na Figura 3.



Figura 3. Museu Arte Arquitetura e Tecnologia de Lisboa

Fonte: http://cdnimd.worldarchitecture.org/extuploadb/high8545_260440.jpg

Não foi encontrada literatura especializada para as dificuldades do ensino e aprendizagem de programação de computadores para alunos das áreas específicas do nosso estudo, os alunos usuários de ferramentas CAD como os arquitetos, designers e engenheiros. Então serão tomadas como base as dificuldades reportadas na literatura pelos alunos que escolhem cursos onde a programação surge como uma opção académica e profissional, caso da engenharia informática.

As dificuldades sentidas pelos estudantes durante o seu percurso de aprendizagem da programação podem influenciar a motivação e levar a que desejem abandonar os estudos neste domínio. Fenómeno similar ao que se passa com alguns se não muitos estudantes com a disciplina de matemática. Para Lemos (2015) a motivação deve ser valorizada nos contextos escolares pois produz uma melhor aprendizagem e tem influência no desempenho, na confiança em si próprio e produz uma maior satisfação na realização dos trabalhos.

Por isso um dos conceitos estudados nesta investigação é o da motivação e em particular da Motivação de Realização, baseada na Teoria de Atkinson. Segundo esta teoria, e de modo simplificado, para se alcançar o sucesso na realização de uma dada tarefa, o aluno deverá manifestar interesse e empenho, tendo em vista obter sucesso ou, pelo contrário, evitar o fracasso, que geralmente se expressa pela ansiedade e inibição, tendo consequências negativas no comportamento (Jesus, 2000).

Um outro problema apontado em algumas investigações sobre as dificuldades associadas à aprendizagem da programação está relacionado com os métodos de ensino (cf. Costa & Miranda, 2017). Assim, resolvemos adotar o modelo de design instrucional 4C/ID (*Four Components to Instructional Design*), pois ele foi concebido para o ensino de aprendizagens complexas, como o é a aprendizagem de programação. Este modelo visa a integração de conhecimentos, habilidades e atitudes que são os principais componentes de uma aprendizagem complexa. Visa ainda facilitar a transferência de conhecimentos, condição essencial de uma aprendizagem significativa. (van Merriënboer, Kirschner, & Kester, 2010). O modelo 4C/ID leva em consideração que as tarefas da vida real são motivadoras para gerar as situações de aprendizagem.

Um outro conceito que nos pareceu importante investigar foi o de aprendizagem autodirigida, pois o ambiente de aprendizagem desenvolvido com base no modelo 4C/ID implica que os alunos tenham já desenvolvido algumas competências deste tipo, e esperamos que o contacto com este ambiente desenvolva novas *skills* e competências de aprendizagem autodirigida nos alunos.

Por isso, o nosso modelo de análise, que será descrito no capítulo da metodologia, incluiu estes conceitos. Sendo a proposta de um modelo, estes conceitos estão integrados numa estrutura que lhes dá sentido e os incluiu numa rede de relações conceptuais (algumas causais e outras associativas).

Apresentaremos também a operacionalização deste modelo conceptual, quer dizer, como foram medidos os conceitos ou variáveis latentes presentes no modelo.

Enquadramento da Investigação

O projeto aqui apresentado teve como principal motivação modelar um ambiente de aprendizagem da programação informática, baseado no modelo 4C/ID, para tentar diminuir as dificuldades na aprendizagem de programação de computadores com linguagem de programação textual (TPL – *Textual Programming Language*), destinado a alunos cuja primeira escolha não foi a programação. Trata-se de alunos de arquitetura, mais vocacionados para as artes, que devem criar modelos virtuais tridimensionais a partir de *softwares* do tipo CAD, mas que necessitam do pensamento computacional e da TPL para solucionar problemas específicos, como a criação de desenhos paramétricos. A TPL escolhida para esta investigação foi a Python. Os conteúdos programáticos “Funções” e “Listas” para as instruções, foram escolhidos a partir de uma investigação prévia realizada junto dos alunos do curso de arquitectura do Instituto Superior Técnico no ano letivo 2105/2016¹.

Problema, Questões e Hipóteses

Para definirmos o problema de investigação aduzimos os argumentos propostos por Gil (2010) que os classifica em dois grandes grupos: (i) os de razões de ordem intelectual que decorrem do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer, (ii) e os de razões de ordem prática, que são os que decorrem do desejo de conhecer tendo em vista fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz. Neste estudo tenta-se responder a estas duas ordens de

¹ A definição dos conteúdos a serem abordados deu origem ao artigo. Pontes, T. B., Miranda, G. L., & Santos, D. M. dos. (2016). A programação de computadores para alunos de arquitectura: uma análise do uso da linguagem Racket para protótipos 3D. *Digital Technologies & Future School*, 2016, 197–208.

razões dada a atuação profissional do investigador como docente do setor de estudos programação computacional do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal do Cariri (UFCA) no Estado do Ceará, na região Nordeste em Brasil.

O problema investigado neste estudo é: em que medida o modelo instrucional 4C/ID pode influenciar a aprendizagem da programação de computadores com uso da linguagem Python, nos alunos de arquitetura? Investigámos ainda os efeitos deste ambiente de aprendizagem de programação na motivação dos alunos, na aprendizagem autodirigida e nos conhecimentos de programação.

Design de Investigação

Para responder ao problema de investigação optámos por uma metodologia de natureza predominantemente quantitativa, com um design quase-experimental, recorrendo a grupos de controlo e grupos experimentais dentro de uma mesma turma, em amostras portuguesas e brasileiras, do curso de Licenciatura em Arquitetura, durante o ano letivo 2017/2018 no Instituto Superior Técnico (IST) de Lisboa, e uma turma de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Tratando-se do ensino de programação computacional em TPL em Portugal, as turmas no IST² do professor António Menezes de Leitão³ foram as escolhidas, porque este professor leciona esta Unidade Curricular já há alguns anos e tem publicado vários artigos científicos sobre este assunto.

² Obtivemos a autorização para realização do experimento junto a IST (ver Apêndice A. Autorização para realização do experimento junto a IST)

³ Obtivemos a sua autorização para mencionar o seu nome neste estudo (ver Apêndice B. Autorização para mencionar o nome neste estudo)

Na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP a iniciativa para o experimento veio da organização da disciplina de inverno⁴, financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e sob a coordenação da professora livre docente Gabriela Celani⁵, que fez parte da sua formação no *Massachusetts Institute of Technology* – MIT sob orientação de William Mitchell e de Terry Knight, e na Universidade Técnica de Lisboa, quando atuou como docente junto ao professor Doutor José Pinto Duarte.

Estrutura da Tese

Este trabalho está organizado em quatro capítulos, para além desta introdução, das conclusões, referências e apêndices.

No **Capítulo I** apresentamos a revisão de literatura específica que introduz este trabalho, começando por referir, embora de forma sucinta, o contexto histórico do ensino de programação de computadores, e o ensino de programação de computadores na arquitectura com o uso das ferramentas de *Computer-Aided Design* (CAD). Apresentamos ainda algumas dificuldades associadas à aprendizagem de programação de computadores. Seguidamente apresentamos a revisão da literatura do tema que sustenta este trabalho, nomeadamente o Modelo *Four-Components to Instructional Design* (4C/ID). Após descrevemos a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia que são o sustentáculo conceptuais do modelo 4C/ID. Para perceber melhor o campo de aplicação do modelo instrutivo, apresentámos os resultados de uma análise bibliométrica e uma metassíntese qualitativa apoiada na análise de conteúdo, e das aplicações do modelo 4C/ID no ensino de programação de computadores. Depois abordamos o conceito de motivação e em particular o

⁴ Carta de agradecimento da realização da disciplina e parceria investigativa (ver Apêndice C. Carta de agradecimento e parceria investigativa)

⁵ Obtivemos a sua autorização para publicar o seu nome neste estudo (ver Apêndice D. Autorização para mencionar o nome neste estudo)

constructo de Motivação de Realização, que foi a teoria motivacional adotada neste estudo. Ainda dentro deste capítulo clarificámos brevemente o conceito de Aprendizagem Autodirigida e do Esforço Mental Percecionado.

O **Capítulo II**. Dentro deste capítulo analisamos brevemente a tecnologia adotada na concepção do ambiente instrutivo, que foi concebido exclusivamente para desenvolver os experimentos, o Ambiente Instrutivo Virtual que teve como base conceitual o Modelo 4C/ID. Esse ambiente instrutivo é nomeado como Projeto Elroy Learning e foi desenvolvida a partir do *framework* Bootstrap para a camada de *frontend*, por se tratar de uma solução de reuso de fácil manutenção e constante atualização. Atualmente esse framework encontra-se na versão 4.x com o recurso HTML5, Javascript, CSS3, Less e Sass, multiplataforma. Para a camada do *backend* foi utilizada a linguagem de programação em PHP 7.0, e a base de dados é MySQL. O ambiente online pode ser acedido pela URL <http://elroylearning.com>.

O **Capítulo III** é dedicado à metodologia de investigação. Um capítulo mais denso que apresenta os elementos fundamentais de uma investigação científica, a saber: (i) o problema, as questões de partida e hipóteses de investigação; (ii) o desenho da investigação; (iii) a amostra deste estudo, o qual realizámos uma análise preliminar das competências tecnológicas dos sujeitos-alvo. Apresentamos os instrumentos de recolha de dados, e a tradução e testagem da Escala de Motivação de Realização a partir das estatísticas estimadas pela sensibilidade, análise fatorial e a fiabilidade. Avançamos neste capítulo apresentando a organização da Entrevista Semiestruturada adotada, e o como entendemos e abordámos a Escala de Esforço Mental, a Aquisição e Transferência de Conhecimento e suas Provas de Avaliação.

No **Capítulo IV** apresentamos as análises dos resultados dos dados coletados a partir das escalas aplicadas, à luz das teorias que sustentam cientificamente esta investigação.

Começamos por apresentar os resultados da estatística descritiva e depois da inferencial, interpretando-os com referência às teorias científicas que lhes dão fundamento. Os principais resultados referem-se aos efeitos do ambiente instrutivo da programação informática com recurso ao modelo 4C-ID na motivação de realização dos alunos, na aprendizagem autodirigida e nos conhecimentos de programação. Apresentamos os resultados conectados com os objetivos específicos definidos para esta investigação.

Por fim nas conclusões expomos a discussão dos resultados e tecemos as reflexões finais, as consequências práticas do estudo, e apontamos perspectivas para o futuro. Percebendo então o real impacto desta experiência na motivação de realização e na aprendizagem autodirigida da população deste estudo, assim com na aquisição e transferência de conhecimentos de computação, e no esforço mental provando a efetividade da metodologia empregada à luz das teorias de sustentação desta investigação.

Capítulo 1

Enquadramento Teórico e Revisão de Literatura

Este primeiro capítulo é dedicado a posicionar a investigação no universo em que está inserida, a partir da revisão de literatura, de modo a compreender o estado da arte do estudo. Neste primeiro momento também está inserida a análise dos resultados da investigação empírica do modelo 4C/ID, pois trata-se do objeto central deste trabalho, por se tratar do fator experimental em análise.

Para a revisão de literatura procurámos inicialmente compreender como se deu a aprendizagem da programação informática em sua origem. Em seguida desejamos compreender o ensino da programação informática direcionada aos alunos objetos deste estudo, no caso os arquitetos. Posicionamos esse ensino com o uso das ferramentas de CAD, e as dificuldades associadas à aprendizagem da programação em TPL resultantes da investigação empírica.

Num segundo momento, a revisão de literatura, tentamos compreender os conceitos e teorias que cientificam teoricamente este estudo: O modelo 4C/ID, a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia, em que se funda o modelo 4C/ID; e também duas variáveis psicológicas que podem influenciar os resultados: a motivação de realização e a aprendizagem autodirigida.

O Ensino da Programação de Computadores

Há um movimento mundial a favor do ensino da programação de computadores para alunos de todas as áreas de atuação, e faz-se a apologia que esta aprendizagem se deve iniciar no ensino básico. A compreensão da Ciência da Computação é considerada uma das competências do século XXI, e as aplicações da programação de computadores são habilidades a serem exigidas a cada vez mais dos profissionais (Tucker, 2006).

Os desafios levantados pelo ensino da programação de computadores ultrapassam as barreiras do tempo e da evolução tecnológica. Desde o seu início, quando o matemático Dijkstra (1976) introduziu o assunto no livro “*A discipline of programming*” que a necessidade de encontrar métodos de ensino para principiantes se começou a colocar. Na época tratava-se do ensino lógico-matemático para saber operar com as grandes máquinas computacionais, utilizando a matemática como linguagem de comunicação com os computadores.

Os trabalhos de Soloway e Ehrlich (1984) falam da necessidade de rever o currículo para o ensino da programação destinado a iniciantes, com o “*Learning to program = learning to construct mechanisms and explanations*”. Boulay (1989), em seu trabalho “*Some difficulties of learning to program*”, conseguiu segmentar as dificuldades da aprendizagem da programação em áreas específicas. Este autor refere que os alunos têm muitas vezes grandes dificuldades em compreender todas as questões relacionadas com a execução de um programa. Boulay (1989) afirma que "leva muito tempo para aprender a relação entre um programa na página e o mecanismo que descreve." (1989, p. 290). Afirmou ainda que deve haver uma "*notional machine*", que simplifique a linguagem máquina de modo a que todas as transformações do programa possam ser visíveis.

Porém Winslow (1996) passou a utilizar modelos voltados para as dificuldades humanas de aprendizagem, na sua obra “*Programming pedagogy: a psychological overview*”. Nela são abordados os desafios de programação para os iniciantes, agrupados em três questões que traduzem as dificuldades apresentadas pelos alunos: (i) a relação entre a compreensão do problema real, e da geração da solução computacional, (ii) o conhecimento adquirido em relação a *práxis*, (iii) e as relações do paradigma de programação funcional em relação ao imperativo e orientado a objetos.

A Programação de Computadores na Arquitetura

Preparar profissionais para o futuro é o papel de qualquer professor, e o uso das tecnologias pode ser motivador para esse percurso. Desta forma, Beirão afirma que: “É neste campo que a formação do arquitecto se encontra muito aquém do que deveria ser a sua formação ideal. Argumento que a sua educação avançada em novas tecnologias, nas áreas de multimédia, computação e ferramentas digitais em geral, constitui uma mais-valia muito especial” (2017, Secção As valências da formação em arquitectura, par. 5)

Celani (2008) reforça esta ideia quando diz que:

“a programação pode melhorar o raciocínio lógico e o pensamento conceitual no design. Minhas conclusões são tiradas sobre o desenvolvimento histórico do software CAD, sobre experiências pedagógicas com crianças e estudantes de arquitetura e, finalmente, sobre algumas aplicações recentes de programação em projetos arquitetónicos”. (p. 2).

Para a programação de projetos arquitetónicos, o uso dos conceitos de programação de computadores para a modelagem paramétrica, melhora e auxilia o arquitecto facilitando seu trabalho, fazendo com que ele possa criar modelos complexos mudando algumas variáveis numéricas, em curto período com alta eficiência, como relatam os estudos de Santos e Beirão (2017).

Fonseca, Pifarré, e Redondo (2013) confirmam ao dizer: “centrados en el ámbito arquitectónico, las formas de expresión y comunicación tradicionales como el panel impreso o la maqueta física se están viendo complementadas e incluso sustituidas por el uso de todo tipo de herramientas TIC: desde las avanzadas simulaciones virtuales o la visualización mediante realidad aumentada de modelos superpuestos con la información tanto real como virtual, hasta los ya incluso clásicos montajes fotográficos en paneles compositivos, la visualización multi-

formato de ficheros CAD (Computer Assisted Design) y más recientemente su evolución en los formatos BIM (Building Information Modeling).” (p. 2).

Quando se fala de programação de computadores para arquitetos devemos estar cientes de que se trata de uma especificidade chamada *Computer-Aided Design* – CAD (desenho assistido por computador). Segundo a pesquisadora Celani (2008):

“nos últimos 40 anos de desenvolvimento do CAD, seus propósitos originais praticamente se perderam. Pouca gente sabe, ou muitos se esqueceram, mas as bases teóricas do Computer-Aided Design aplicado à arquitetura estão intimamente ligadas ao Movimento dos Métodos (*Design Methods Movement*), que se desenvolveu na Inglaterra e posteriormente nos Estados Unidos, nos anos 60”. (p. 67).

Percebe-se então que o uso da programação de computadores para CAD não advém das novas tecnologias com grandes capacidades de processamento e renderização de imagens, mas de uma época que era valorizado o uso da criatividade humana para resolver questões ligadas ao Design Methods Movement tais quais: “Divergência” que buscava criar novo entendimento (espaço do problema) em direção a melhores soluções de design; a “Transformação” redefinindo especificações de soluções de design que pode levar a melhores diretrizes para as atividades de design tradicionais e contemporâneos; “Prototipagem” e o estudo de possíveis cenários para as melhores soluções de design; a “Sustentabilidade” gerenciando o processo de explorar, redefinindo e prototipando soluções de design continuamente ao longo do tempo; e a “Articulação” com a relação visual entre as partes e o todo.

É preciso não só desenvolver a expertise para manusear as ferramentas dos softwares vetorial para tirar o melhor proveito das ferramentas de CAD, mas também a capacidade de compreender que estes softwares têm limitações. Assim sendo, o aprendiz de programação

deve conjugar a componente técnica com a da criatividade, para desenvolver projetos adequados e interessantes.

Marques (1999) afirma que os arquitetos, durante a conceção dos projetos, usam representações para testar possibilidades. Estas representações assumem formas como: croquis, mapas mentais, maquetes, estudos volumétricos, entre outros. É inquestionável que estas ferramentas são indispensáveis na conceção de projetos arquitetónicos, dando oportunidades aos profissionais para criarem, projetarem e estudarem aspetos de construção recorrendo a modelos virtuais. Investigadores como Kieran e Timberlake (2004) afirmam que “Parts of the design process, such as routing of the hydraulic and electrical systems, that were once performed through extensive physical mock-ups are now developed electronically”. (p. 61).

Um dos grandes percussores da inserção da informática nos projetos de arquitetura foi Ivan Sutherland quando, na década de 1960, criou o Sketchpad, exemplificado na Figura 4 e que segundo Gershenfeld (2005),

“in 1960 Ivan Sutherland, a precious student supervised by Claude Shannon (inventor of the theory of information that forms the foundation of digital communications), used the combination of the TX-2 and the light pen to create a seminal “Sketchpad” program. Sketchpad let a designer sketch shapes, which the computer would then turn into precise geometrical figures. It was the first computer-aided (CAD) program and remains one of the most expressive ones.” (p. 41).



Figura 4. Ivan Sutherland operando o "sketchpad"

No artigo “The theoretical foundation of computer-aided architectural design”, Mitchell (1975) afirma que a sofisticação de um projeto depende do desenvolvimento de uma unidade de produção com a interface da computação gráfica. Entende-se, pois, que dominar todas as possibilidades que estas ferramentas podem oferecer, com o acréscimo da criatividade humana, haverá poucas limitações no desenvolvimento de projetos de arquitetura.

A Programação de Computadores em Ferramentas CAD.⁶

Basicamente há dois tipos de linguagens de programação que são utilizadas em softwares de modelagem CAD, a programação visual (VPL) e a programação textual (TPL). Neste estudo abordamos a programação textual de computadores, por proporcionar ao usuário maior amplitude em relação as possibilidades de criação, não ficando este limitado ao que os

⁶ O entendimento da problemática da programação de computadores quer seja em linguagem de programação textual ou visual, deu origem a um capítulo de livro. Pontes, Thiago B., & Santos, Deborah M. (no prelo). Generative Design by Textual and Visual Programming Language. *Digital Techniques Applied to Design Process*. Editora da Universidade Federal de Juiz de Fora. (está previsto para dezembro de 2019)

softwares de modelagem CAD disponibilizam em seus pacotes *default* de ferramentas, mas ampliam suas possibilidades a usar scripts incorporados nestes softwares.

Hoje em dia, a maioria dos pacotes de software de modelagem CAD e 3D usados por arquitetos e designers incorporam uma linguagem de script e eles também foram usados como ferramentas introdutórias para ensinar a codificação desde o início.

Burry (2011), identifica diferentes usos da programação de computadores, como ajudas de produtividade e código exploratório, bem como descreve sua experiência de ensino usando ferramentas de script embutidas no software de CAD (Villares & Moreira, 2017, p. 207).

A TPL escolhida nesse estudo é a Python pois, segundo os estudos de Villares e Moreira (2017), há uma forte tendência do uso do Python como uma linguagem incorporada em ferramentas de programação em cerca de 40% dos softwares estudados.

Para Celani e Vaz (2012) os alunos iniciantes em linguagem de programação podem sentir-se frustrados, dada a complexidade que é compreender as regras de sintaxe da linguagem. Contudo afirmam que as linguagens textuais, como a Python aqui estudada, ampliam as possibilidades de implementação de novas estratégias generativas, com um grau de complexidade mais elevado, que em contrapartida as linguagens visuais de um modo geral estão limitadas.

Oliveira e Alves (2001) reforçam a ideia da necessidade da aprendizagem de alguma linguagem de programação para os alunos iniciantes, para que estes tenham algum tipo de autonomia em desenvolver suas tarefas gerais. Afirmam que os usos de softwares com “pacotes prontos” podem ser usados numa futura atuação profissional, contudo, uma experiência ativa em programação de computadores, adquirida nos anos de formação, dar-lhes-á a probabilidade de uma escolha mais assertiva.

Dificuldades Associadas à Aprendizagem da Programação de Computadores.

Inicialmente discorreu-se sobre as dificuldades associadas à aprendizagem de programação de computadores anteriormente expostas. Dijkstra (1976/1961) apontou a necessidade de encontrar métodos de ensino para iniciantes nesta matéria; Soloway (1984) referiu a necessidade de rever o currículo para o ensino da programação destinado a iniciantes; Boulay (1989), relatou o tempo que se leva para aprender a relação entre um programa na página e o mecanismo que este descreve; Winslow (1996) a introduziu o componente psicológico a ser questionado nos desafios de aprender a programação de computadores, e Resnick (2013) a associou a programação de computadores à aprendizagem da escrita, com o seu vocabulário, sintaxe e semântica específicos.

A investigação empírica aqui desenvolvida fundou-se em três grandes categorias de dificuldades relacionadas com a aprendizagem da programação informática: (i) umas associadas aos métodos de ensino; (ii) outras às dificuldades dos estudantes com a aprendizagem do código; (iii) e outras com dificuldades associadas ao raciocínio lógico e matemático.

Para vencer as dificuldades associadas aos métodos de ensino tentamos compreender quais as alternativas que teríamos ao nosso dispor. Recorremos aos estudos da Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy, que a partir dos anos 50 do século XX em diante, inspirou tantos outros a criarem os conceitos básicos de instrução, aprendizado e treinamento no que resultou nos modelos de Design de Sistemas Instrucional (ISD) como no modelo ADDIE, que de acordo com van Merriënboer, (1997) dividem o processo de design instrucional em cinco fases de: análise, design, desenvolvimento, implementação e avaliação como ilustrado na Figura 5. Modelo ADDIE de ISD.

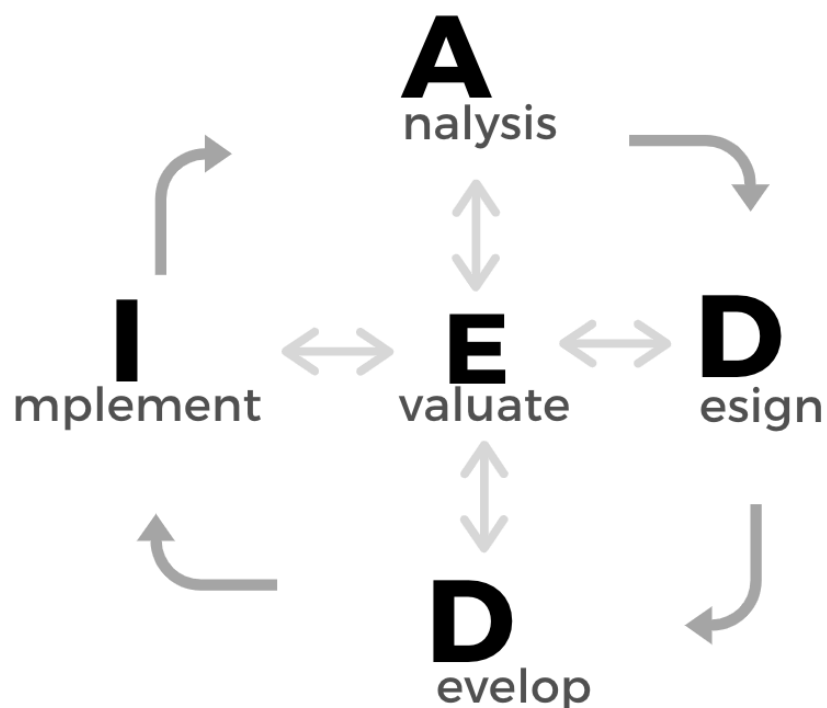


Figura 5. Modelo ADDIE de ISD.

Nota-se que o modelo ADDIE e outros modelos de ISD são abrangentes e trabalham com avaliações formativas em todas as fases, e ao fim do processo uma avaliação sumativa. Reigeluth (1983) afirma que os modelos de Instructional Design (ID) são mais detalhistas, quer dizer que estes mantêm um foco mais específico, por exemplo, se desejamos instruir com detalhes partes de um processo de aprendizagem que exija soluções complexas dos problemas, devemos utilizar um modelo de ID como o modelo de Design Instrucional de Quatro Componentes (4C/ID).

Entende-se por aprendizagens complexas as que implicam a integração de conhecimentos, habilidades e atitudes sobre uma determinada área de conhecimento (Melo & Miranda, 2015). Seguidamente iremos descrever brevemente o modelo 4C/ID, e onde as aprendizagens complexas estão inseridas.

O Modelo Four-Components to Instructional Design 4C/ID

O modelo de design instrucional 4C/ID (*Four Components to Instructional Design*) visa a integração de conhecimento, habilidades, atitudes e a transferência de conhecimento para as práticas da vida real (van Merriënboer, Kirschner, & Kester, 2010). O modelo 4C/ID leva em consideração que as tarefas da vida real são motivadoras para gerar as situações de aprendizagem. Assim sendo este modelo, quando devidamente utilizado, gera uma aprendizagem com qualidade, veremos.

Para situar o modelo 4C/ID no âmbito das teorias e modelos da psicologia cognitiva e da aprendizagem multimídia, os autores van Merriënboer, Kirschner e Kester (2010) referem que existem três níveis a ter em consideração.

No primeiro nível temos as teorias Psicológicas, como A Teoria da Dupla Codificação de Paivio (1986) e o Modelo de Memória de Trabalho de Baddeley (1986), que explicam os sistemas de memórias e os processos cognitivos que os humanos utilizam quando processam diferentes informações através dos sistemas sensoriais.

Num segundo nível temos as Teorias de design de mensagens educativas, exemplificadas pela Teoria da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2001) e a Teoria da Carga Cognitiva de Sweller (2004), que iremos analisar posteriormente.

No terceiro nível estão as teorias para o desenho de cursos e disciplinas que visam definir as melhorias de programas educacionais com o uso de vários meios e recursos como: imagens, textos, redes de colaboração, entre outros. Nesse terceiro nível encontra-se o Modelo de Design Instrucional 4C/ID destinado a aprendizagens complexas e que foi utilizado na nossa pesquisa, como já antes referimos

Para aquisição de competências complexas, o modelo de design instrucional 4C/ID propõe quatro componentes ilustrados na Figura 6. São elas: Tarefas de Aprendizagem;

Informação de Apoio; Informação Processual e, Prática nas Tarefas (van Merriënboer & Kester, 2005).

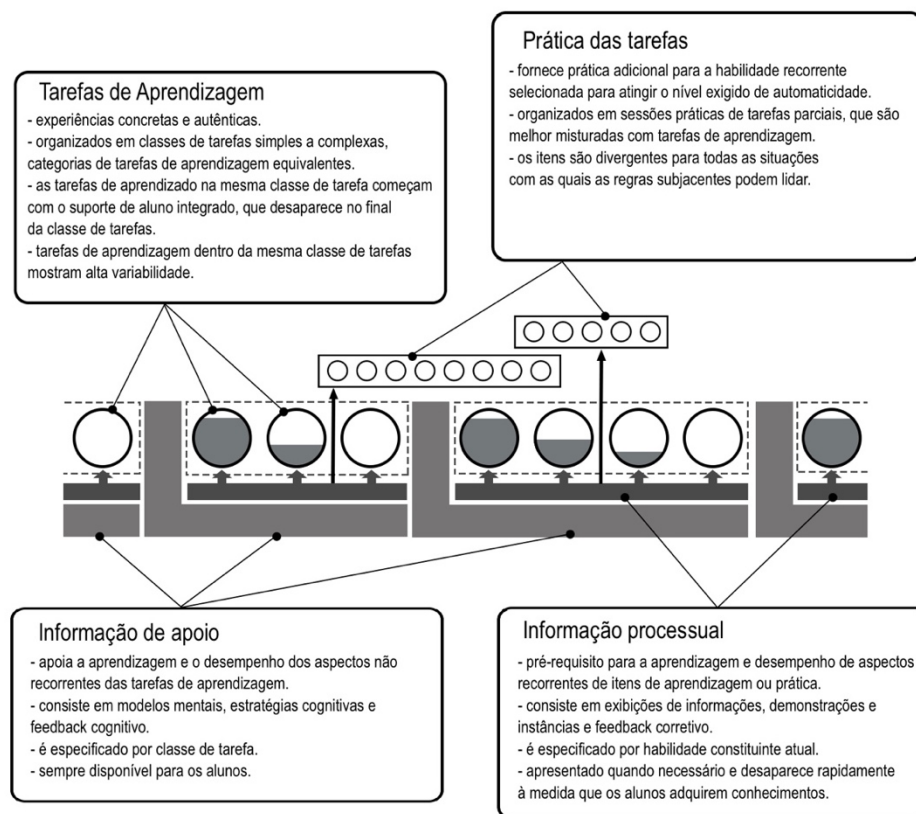


Figura 6. Arquitetura do Modelo 4C/ID

Aprendizagens complexas que são ensinadas com base em teorias de ensino que não controlam a carga cognitiva e o volume excessivo de informações a ser passado aos alunos, prejudicam a aprendizagem, pois há uma limitação de processamento da mente humana que precisa de ser respeitada. (van Merriënboer, Kirschner, & Kester, 2010).

O modelo integra muitos dos resultados da investigação experimental realizada no âmbito da aprendizagem formal e em particular os decorrentes da Teoria da Carga Cognitiva e da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia.

Para diminuir a quantidade de informação a ser lembrada pelo aluno para resolver problemas complexos, o primeiro dos quatro componentes, as *Tarefas de Aprendizagem*, são

baseadas em problemas da vida real⁷, as designadas tarefas autênticas que integram problemas, projetos e estudos de caso, em que o aluno é convocado a relembrar o que já sabe sobre o assunto, quer dizer, a por à prova os seus conhecimentos prévios, integrando habilidades e gerando novos conhecimentos (van Merriënboer & Kester, 2005). As tarefas de aprendizagem, o núcleo do modelo, são classificadas em níveis que vão do fácil ao difícil: as tarefas são agrupadas em categorias de tarefas e em cada categoria o aluno vai progredindo das mais fáceis para as mais difíceis. No início da solução de cada grupo ou categorias de tarefas os alunos recebem muito apoio e este vai sendo gradualmente retirado de acordo com a progressão do aluno.

O segundo componente, a *Informação de Apoio*, é constituída por informações que ajudam o aluno a construir um novo ponto de vista, a partir dos conhecimentos prévios e o que precisa aprender para trabalhar as tarefas de aprendizagem. São informações que estão sempre disponíveis, e que facilitam a articulação entre a teoria e a prática.

A *Informação Processual*, o terceiro componente do modelo, é constituída por instruções de “como fazer”, são momentos de prototipagem daquilo que o aluno precisa aprender para realizar as situações rotineiras das tarefas de aprendizagem. Esta informação deve ser acedida pelos alunos apenas quando necessário, como suporte para relembrar algum detalhe. São algoritmos, que trazem consigo um conjunto de regras bem definidas e ordenadas de como executar determinada atividade e podem ser acedidas em qualquer momento.

Por fim o quarto componente, *Prática das Tarefas*, pode ser entendido como um momento de teste, que referem os aspetos de rotina das tarefas. Contudo, ao invés da Informações de Apoio e da Informação Processual, a Prática nas Tarefas é apresentada como

⁷ Problemas de vida real não significa apenas problemas práticos, podem ser e são muitas vezes problemas de natureza abstrata sendo, de facto, a maioria dos problemas a que se aplica este modelo. Significa é que os problemas a dar aos alunos não são ‘artificiais’ servindo apenas para instruir, mas sem relação com a sua aplicação a problemas que eles irão encontrar na sua futura vida académica e profissional.

exercícios práticos, em que é trabalhada a autonomia do aluno. A prática nas tarefas visa consolidar as aprendizagens, tornando certas componentes das tarefas automatizadas.

O modelo 4C/ID tem como suporte duas teorias científicas sobre o modo como os seres humanos aprendem a partir de mensagens multimédia, a saber, a Teoria da Carga Cognitiva e a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia, com as quais partilha pressupostos e princípios. Primeiramente vamos analisar a Teoria da Carga Cognitiva desenvolvida por John Sweller e colaboradores para depois referirmos a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia de Richard Mayer.

Teoria da Carga Cognitiva

Sweller e Chandler (1991) definiram que a Teoria da Carga Cognitiva tem como preocupação central a maneira como os recursos cognitivos se focam e são usados durante a aprendizagem e resolução de problemas. No início da década de 80, a teoria predominante para melhor explicar as diferenças de aprendizagem entre sujeitos mais e menos experientes na capacidade de resolver problemas, era a teoria dos esquemas. Os resultados da investigação que visaram testar os pressupostos desta teoria verificaram que os sujeitos menos experientes utilizavam uma estratégia de avanço e recuo na resolução dos problemas, face aos mais experientes, que se valiam do conhecimento adquirido em experiências prévias (Sweller & Chandler, 1991). Este conhecimento está organizado na memória de longo prazo em esquemas, com um grau maior ou menor de complexidade. A técnica ou heurística de avançar e recuar na tentativa de resolver um dado problema, usada pelos aprendizes menos experientes num dado domínio do conhecimento, mostrou-se pouco eficaz, pois muitos recursos cognitivos eram empregues nos esforços para resolver os problemas, o que não contribuía de facto para a aprendizagem. Uma estratégia mais eficaz é saber classificar os problemas em categorias de solução e dividir em partes menores, para reduzir o esforço cognitivo, o que facilita a aprendizagem.

A Teoria da Carga Cognitiva parte do pressuposto que existem limites cognitivos humanos sobre a carga de informação a que está sendo submetido. E que quando esse limite é ultrapassado, a aprendizagem não possui a qualidade necessária. Por outras palavras, deve-se respeitar os limites cognitivos da arquitetura cognitiva humana (cf. Baddeley, 1997) para que a aprendizagem seja significativa, de qualidade e eficiente.

Os princípios defendidos por Sweller (2004) baseiam-se nos seguintes pressupostos: 1. A instrução tem como objetivo principal a construção do conhecimento na memória de longo prazo; 2. A memória de longo prazo possui mecanismos de segurança no armazenamento das informações, que é a capacidade limitada da memória de trabalho; 3. Para manter uma aprendizagem funcional, as alterações nas informações pré-existentes na memória de longo prazo precisam ser realizadas ordenadamente.

Nos três tipos de carga cognitiva definidos no estudo desenvolvido por Sweller e Chandler (1991) temos: a carga cognitiva intrínseca, a carga cognitiva estranha e a carga cognitiva adequada. O Quadro 1 resume os diferentes tipos de carga cognitiva

Quadro 1

Tipos de Carga Cognitiva

Tipo da Carga Cognitiva		Definição
1	Carga Cognitiva Intrínseca	“Relativa ao procedimento das tarefas de instrução, está relacionada com a complexidade dos próprios conteúdos, isto é, com o número de elementos de informação e a respetiva interatividade” (Oliveira A. N., 2007).
2	Carga Cognitiva Estranha	“É a carga sobre a memória de trabalho que os estudantes experienciam quando interagem com os materiais de aprendizagem e que não se relaciona diretamente com os conteúdos de aprendizagem” (Miranda, 2015).
3	Carga Cognitiva Adequada	“Pode ser pensada como as coisas que um designer pode fazer para facilitar a carga ideal, como agrupamento de conteúdos, sequência e oferta de analogias que podem ajudar as pessoas a entender as novas informações mais rapidamente”. (Spector, Merrill, van Merriënboer, & Driscoll, 2008).

O principal objetivo da Teoria da Carga Cognitiva é apoiar procedimentos para a produção de materiais instrutivos que reduzam a carga cognitiva estranha, minimizando assim os esforços da memória de trabalho, pois não resultariam em aprendizagem devido ao uso excessivo no processamento da instrução, deixando que assim os recursos de memória de trabalho não utilizados possam ser empregues para tratar com a carga cognitiva intrínseca, já que é a mais importante para a aprendizagem.

Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

Na atualidade lidamos diariamente com um grande volume de informação. Precisamos aprender a selecionar as informações de forma a gerar uma aprendizagem significativa. Como professores precisamos aprender a desenvolver as instruções ou mensagens educacionais da melhor forma, tendo como referência o modo como a mente humana funciona. Este é o princípio central dos estudos da aprendizagem multimédia, realizados por Richard Mayer (2001). Este autor afirma que uma mensagem educacional multimédia, quando bem concebida, promove uma aprendizagem mais profunda.

As três suposições que baseiam a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 2

Pressupostos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia

	Pressuposto	Definição
1	Pressuposto do Canal Dual	No qual o ser humano possui canais de processamento de informação separados (visual e verbal).
2	Pressuposto da Capacidade Limitada de Processamento da Memória	Há uma limitação no processamento de informação em cada canal.
3	Pressuposto do Processamento Ativo	No qual a aprendizagem requer um processamento cognitivo essencial em ambos os canais.

A Figura 7 ilustra o modelo cognitivo da aprendizagem multimédia, com a representação da emissão da informação e o seu processamento através dos vários tipos de memória: sensorial, de trabalho e de longo prazo.

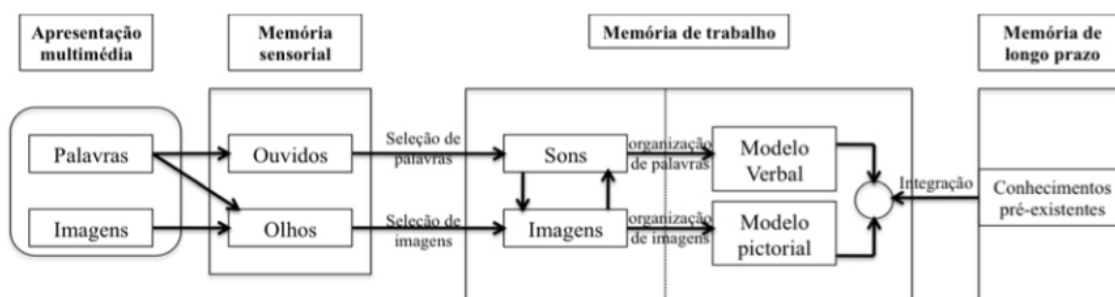


Figura 7. Representação do modelo cognitivo da aprendizagem multimédia

Atendendo ao pressuposto do Duplo Canal, a primeira parte à esquerda do modelo apresentado na Figura 7, representa a emissão da informação por palavras e imagens onde as setas representam a retenção pelos ouvidos e olhos. Contudo a principal parte da representação está a cargo da memória de trabalho, ao centro do modelo da Figura 7, onde a informação é temporariamente retida (representado pelo lado esquerdo desta parte), em que os retângulos representam as imagens (fotos, figuras e afins) e a “representação na forma de imagens” dos sons das palavras, são devidamente organizados e os modelos mentais quer seja verbal ou pictorial, são montados.

Este modelo definiu os cinco processos da Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimédia de Mayer (2001) que são:

1. Seleção de imagens;
2. Seleção de palavras;
3. Organização de imagens;
4. Organização de palavras; e
5. Interpretação.

E para a elaboração de um documento multimédia, os sete princípios de Mayer (2005) que devem ser levados em consideração podem ser vistos no Quadro 3. Na atualidade, fruto da investigação experimental que os autores continuam a desenvolver, já existem mais sete princípios experimentalmente testados.

Quadro 3

Sete princípios para elaboração de documento multimédia

	Princípio	Definição
1	Princípio da Modalidade	O aprendizado fica mais facilitado quando em uma apresentação multimédia as imagens são apresentadas junto com o texto.
2	Princípio da Sinalização	Devem existir sinais e/ou pistas que direcionam o que deve ser analisado com mais ênfase, focando nos elementos importantes, facilitando a organização na memória operacional.
3	Princípio da Contiguidade	O favorecimento da aprendizagem se dá quando palavras e imagens correlatas estão sendo apresentadas próximas umas das outras, contiguidade espacial, ou no tempo, contiguidade temporal, o que reduz o processamento dispensável.
4	Princípio da Segmentação	Uma mensagem de múltiplos meios deve ser apresentada em segmentos ao invés de numa única unidade contínua.
5	Princípio da Antecipação	Para esse princípio o ideal é apresentar as partes principais do problema, para só depois ir adentrar nos detalhes.
6	Princípio da Coerência	A aprendizagem é melhor realizada por meio de mensagens multimédia quando os materiais estranhos são excluídos. (elementos irrelevantes para a aprendizagem).
7	Princípio da Redundância	Há o desenvolvimento de uma aprendizagem mais consistente quando as apresentações multimédia combinam mais de um elemento, como animação e narração.

Aplicações do Modelo 4C/ID

Análise Bibliométrica e Metassíntese⁸

O estudo bibliográfico foi realizado a partir de uma análise descritiva e exploratória, referente às publicações em formato de artigo nas bases de dados científicas: Web of Science,

⁸ Os resultados desta análise bibliométrica e metassíntese darão origem a parte do capítulo de um livro internacional, a ser publicado pela editora IGI Global – eEditorial Discovery. Pontes, T. B., Costa, J. M., Melo, M. M., & Miranda, G. L. (no prelo). Literature Review and Bibliometric Analysis on the 4C-ID Model: 2000-

DOAJ, Springer-Link, SCIELO e Scopus. O termo de pesquisa foi único para todas as bases. Foi pesquisado o termo: 4C/ID instructional model, em publicações no formato de artigos em Revistas Científicas indexadas nas bases de dados antes referidos, publicados entre os anos de 2000 e 2018 inclusive (até o mês de março).

A estratégia escolhida para este estudo foi dividi-lo em três partes. A primeira definida como tecnológica, a segunda sendo quantitativa e terceira qualitativa. A primeira parte criámos um algoritmo, um robô de busca, para coletar os dados selecionados nas bases de dados científicas. Nosso algoritmo foi desenvolvido com linguagem de programação de PHP: *Hipertext Preprocessor 7.x*, e os dados eram registados numa base de dados MySQL 5.x. A solução tecnológica pode ser acedida em: theclawchooses.com

A segunda parte, quantitativa, deu-se pela análise bibliométrica. Yoshiko Okubo (1997) define a bibliometria como uma ferramenta que concatena toda a produção da literatura científica. Oliveira, Lima e Moraes (2016) dizem que “A bibliometria é um tipo de pesquisa bibliográfica, proveniente da Ciência da Informação, que consiste numa técnica quantitativa e estatística.” (p. 573)

Na terceira e última parte, qualitativa, utilizámos a análise de conteúdo. Bardin (2018) define análise de conteúdo como “um método muito empírico, dependente do tipo de ‘fala’ a que se dedica e do tipo de interpretação que se pretende com objetivo.” (p. 32). A fase qualitativa deu-se por meio da metassíntese dos artigos mais bem citados, resultado da análise bibliométrica. O olhar desta síntese esteve nos objetivos das pesquisas, métodos adotados pelos autores e na definição de 4C/ID, que para Oliveira, Lima e Moraes (2016) “Objetiva, desta maneira, fortalecer e melhorar a aplicabilidade dos resultados, bem como subsidiar a fundamentação de novas teorias, práticas e pesquisas.” (p. 573)

A análise bibliométrica aqui realizada apontou os principais fatores da evolução das publicações e dos seus temas e, em segundo plano, métricas em relação aos autores e às revistas onde foram publicados os artigos. Como primeiro estudo deste estilo realizado para o 4C/ID estima-se que este possa ser replicado continuamente para constante monitorização e estímulo para outros pesquisadores.

A metassíntese por sua vez apontou que o modelo instrutivo 4C/ID tem sido aplicado em diferentes áreas de atuação como saúde, o desenvolvimento de novas habilidades profissionais, formação de professores e currículo, tendo em sua maioria o viés do ensino.

Metodologia das Análises

Das três etapas utilizadas como estratégias nestas análises, na primeira dita como a etapa tecnologia o nosso algoritmo de busca coletou das bases de dados científicas selecionadas 87 registros, dado que para Neto et al. (2016, que citam Al-Sharif e Kaka, 2004), Yongjian et al. (2009) e Tang et al. (2010) o primeiro passo de uma análise bibliométrica consiste em definir as bases de dados que tenciona monitorar.

A segunda etapa quantitativa resume-se a um levantamento estatístico tendo como instrumentos norteadores o roteiro sugerido por Oliveira, Lima e Moraes (2016) que recorre de: Tabulação dos quantitativos de publicações com diferente viés; Construção de quadros, tabelas e gráficos; Apresentação e interpretação dos dados e Discussão dos resultados. Notou-se que em algumas bases de dados o termo da pesquisa apresentou um baixo número de artigos publicados, conforme se pode observar na Figura 8. Total de artigos nas bases de dados por ano, pensamos que devido ao facto de o modelo 4C/ID ser exigente, quer em termos de compreensão quer sobretudo de aplicação.

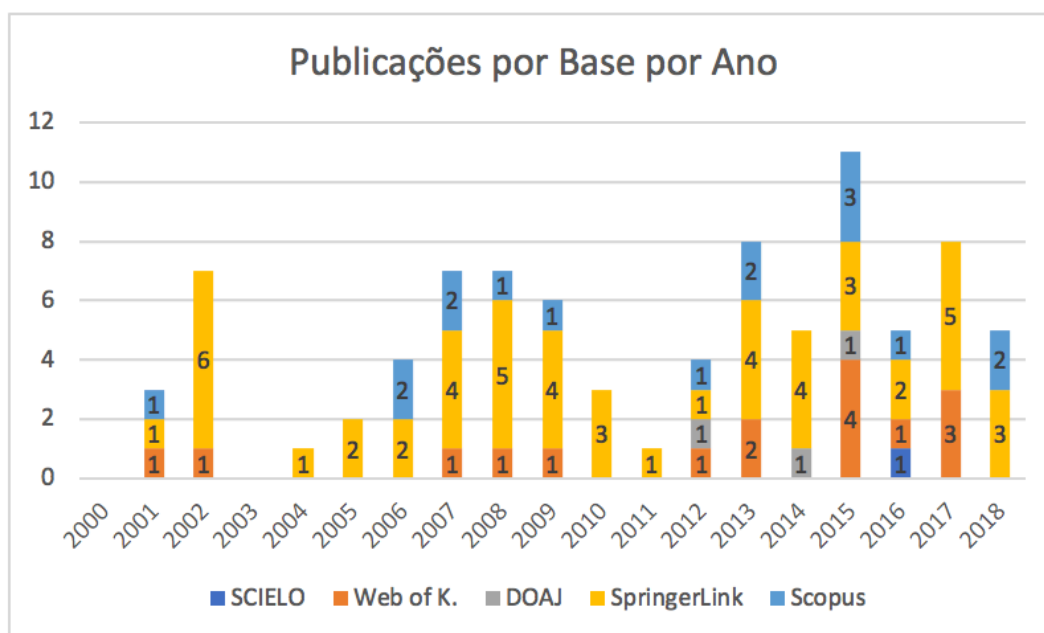


Figura 8. Total de artigos nas bases de dados por ano

Entretanto dos 87 artigos em estudo, 14 destes foram localizados em mais de uma base de dados, com mostra no Quadro 4.

Quadro 4

Artigos encontrados em mais de uma base de dados

Índice	Título do Artigo	Base de Dados		
1	4C/ID in medical education: How to design an educational program based on whole-task learning: AMEE Guide No. 93	a	b	-
2	Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model	a	c	-
3	Developing and Piloting an Online Graduate Nursing Course Focused on Experiential Learning of Qualitative Research Methods	a	b	-
4	Developing clinical reasoning in the classroom - analysis of the 4C/ID-model	a	b	-
5	Developing integrated clinical reasoning competencies in dental students using scaffolded case-based learning – empirical evidence	a	b	-
6	Developing technical expertise in secondary technical schools: The effect of 4C/ID learning environments	b	c	-
7	From Lecture to Learning Tasks: Use of the 4C/ID Model in a Communication Skills Course in a Continuing Professional Education Context	a	b	-
8	Interactivity in video-based models	a	b	c
9	Learning Electrical Circuits: The Effects of the 4C/ID Instructional Approach in the Acquisition and Transfer of Knowledge	a	b	d
10	Perspectives on problem solving and instruction	a	b	-
11	The Design of Competency-Based Performance Assessment in E-Learning	b	c	-
12	The effects of a Web-based training in an instructional systems design approach on teachers' instructional design behaviour	a	b	-
13	The effects of part-task and whole-task instructional approaches on acquisition and transfer of a complex cognitive skill	a	b	c
14	The moderating effect of instructional conceptions on the effect of powerful learning environments	a	b	c

(a) Web of Knowledge, (b) Scopus, (c) SpringerLink, (d) DOAJ

Como desejávamos trabalhar com registos únicos, a nossa amostra ficou reduzida a 69 artigos publicados entre janeiro de 2000 e março de 2018, publicados nas mais diversas áreas de investigação, o que mostra a aplicabilidade deste modelo instrutivo embora, como antes referimos ele ser exigente em termos de compreensão e aplicação.

Evolução das Publicações

Ao analisarmos a evolução das publicações ao longo dos anos, verificámos que esta teve um crescimento do tipo sinusoidal, quer dizer, teve anos com picos de publicação (anos de 2002, 2008, 2009 e depois 2013, 2015 e 2017) e outros com poucas ou até mesmo nenhuma publicação, como é o caso do ano de 2003, conforme se pode observar na Figura 9.

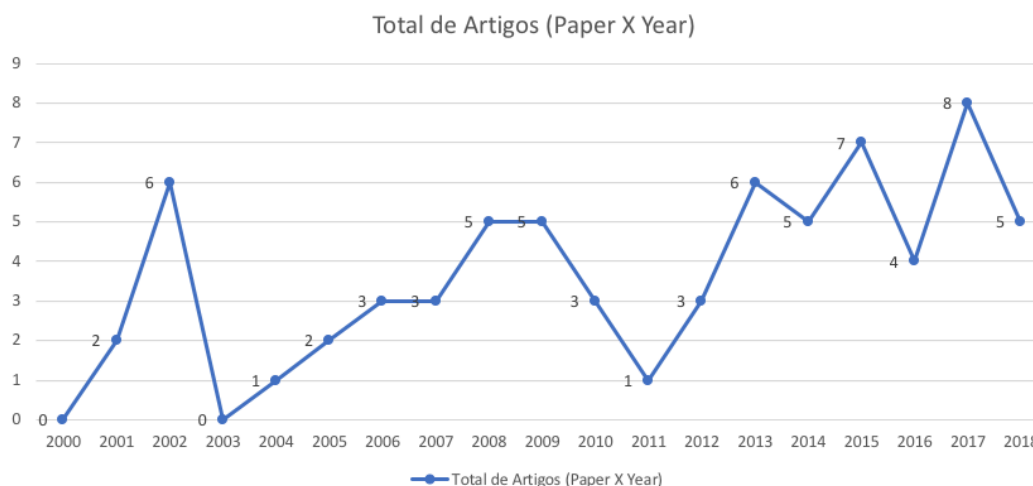


Figura 9. Evolução das publicações por ano.

Os artigos mais bem classificados, tendo como referência o número total de citações, são os de: van Merriënboer e John Sweller (2005) “Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions”, com 570 citações e que representa 30% de todas as 1871 citações dos 69 artigos. O trabalho de Merrill (2002) “First principles of instruction” com 406 citações (22%), seguido do artigo de van Merriënboer, Clark e Croock, (2002) com 182 citações, o que representa cerca de 10% das citações totais, com o título “Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model”. Este é o primeiro artigo que refere o termo 4C/ID Model no título e, por isso, parece-nos um marco inicial e importante nos estudos centrados neste modelo instrutivo. O Quadro 5 apresenta os 10 artigos mais citados, entre os 69 em análise.

Quadro 5

Os 10 artigos mais citados

	Títulos dos Artigos	Total de Citações	Porcentagem
1	Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions	570	30%
2	First principles of instruction	406	22%
3	Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model	182	10%
4	Interactivity in video-based models	60	3%
5	Towards a personalized task selection model with shared instructional control	46	2%
6	Understanding video as a tool for teacher education: investigating instructional strategies to promote reflection	40	2%
7	Toward a Synthesis of Cognitive Load Theory, Four-Component Instructional Design, and Self-Directed Learning	38	2%
8	Perspectives on problem solving and instruction	30	2%
9	The effects of part-task and whole-task instructional approaches on acquisition and transfer of a complex cognitive skill	28	1%
10	Design of integrated practice for learning professional competences	25	1%
	Other Articles	446	24%
		1871	100%

Áreas de Publicação

Os 69 artigos em análise integram 229 palavras-chave diferentes pois os estudos que lhes deram origem foram desenvolvidos em diversas áreas como: a saúde, habilidades, ambientes de aprendizagem, currículo e formação de professores. Contudo a maioria debruça-se sobre o ensino, o que seria expectável visto tratar-se de um modelo instrutivo. O Quadro 6 apresenta as 10 palavras-chave mais citadas.

Quadro 6

As 10 palavras-chave mais citadas

	Palavras-chave	Total	Percentagem
1	Instructional Design	24	10%
2	Cognitive Load	13	6%
3	4C/ID model	9	4%
4	Complex learning	6	3%
5	Learning environments	4	2%
6	Authenticity	3	1%
7	Clinical reasoning	3	1%
8	Education	3	1%
9	Electric Circuits	3	1%
10	Learning tasks	3	1%
	Other Keywords	158	60%
		229	100%

Revistas e Escopo Geográfico

Os 69 artigos sobre o modelo 4C/ID foram publicados em 35 revistas científicas indexadas. No entanto, existem duas que concentram 39% das publicações, e cinco que concentram 20%; os demais 41% foram publicados em outras revistas, sendo que no Quadro 7, registamos as sete revistas onde foram publicados mais artigos.

Quadro 7

As revistas onde foram publicados mais artigos sobre o modelo 4C/ID

	Revista Científica	Total de Artigos	Percentagem
1	Educational Technology Research and Development	18	26%
2	Instructional Science	9	13%
3	European Journal of Dental Education	4	6%
4	Educational Psychology Review	3	4%
5	Learning Environments Research	3	4%
6	Educational Psychology Review	2	3%
7	Medical Teacher	2	3%
	Other Journals	28	41%
		69	100%

São 10 os países que filiam as 36 revistas que publicaram os 69 artigos sobre o modelo 4C/ID. Três destes países concentram 74% de todas as publicações: Estados Unidos da América com 32 artigos (46%) e Holanda com 19 artigos (28%). A Figura 10 apresenta essas métricas em detalhe.

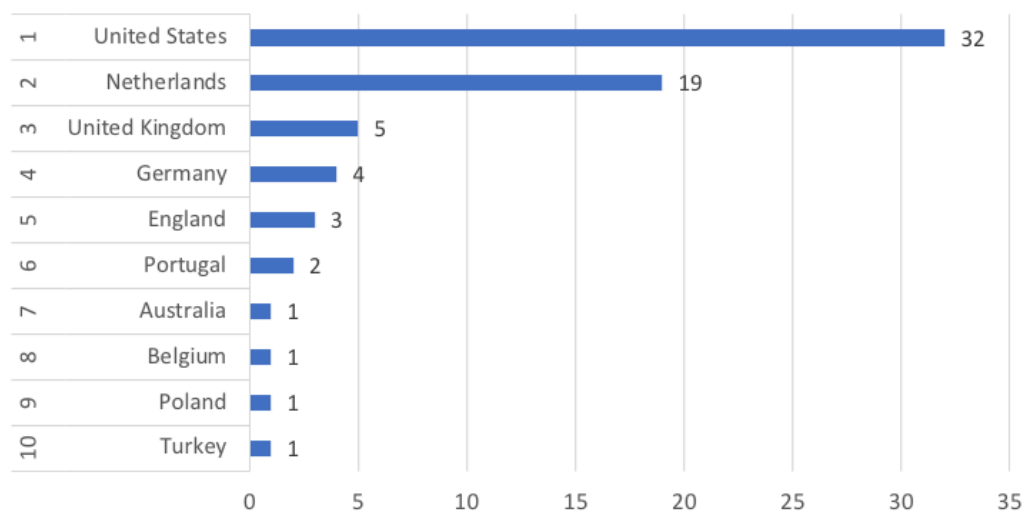


Figura 10. Filiação das revistas científicas pelo país de edição

Autores

Nos artigos da base de dados deste estudo foram encontrados 159 autores que publicam com o termo 4C/ID instructional model, e destes, 50 com mais de uma publicação, tendo em Jeroen Johannes Geertrudes van Merriënboer o que mais publicou até o momento da coleta, com 18 trabalhos, seguido por Fred Paas (8), seguindo-se em 3.º lugar *ex aequo* Mário Melo, Thomas Corne Postma e George J. White com 4 artigos cada. Estes são os cinco autores com maior número de artigos encontrados nas bases deste estudo, conforme ilustrado na Figura 11.

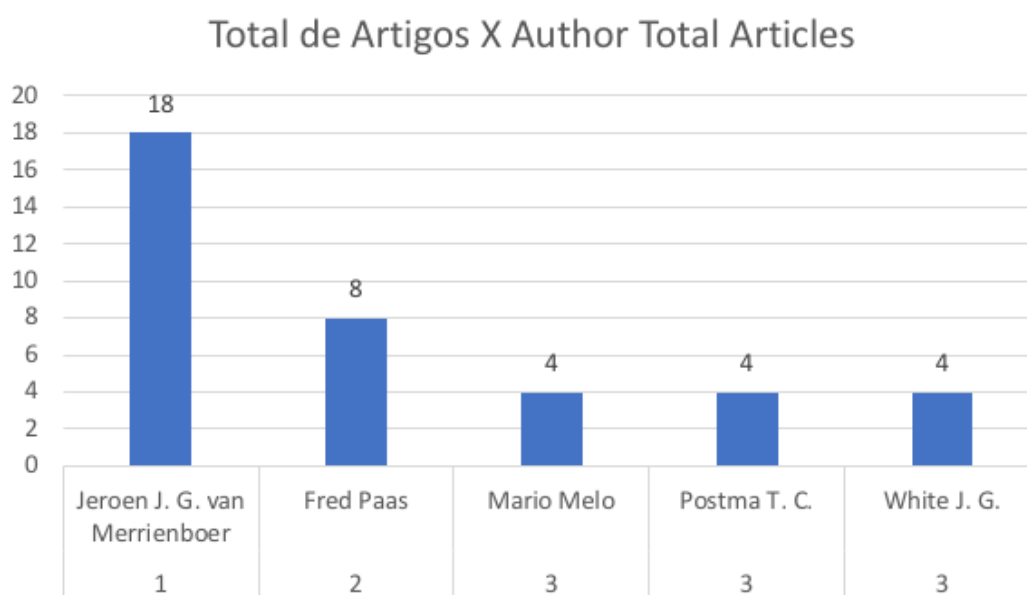


Figura 11. Top 5 autores pelo número de artigos publicados

Ao analisar os países onde os investigadores realizaram as suas pesquisas, encontrámos 21 registos diferentes. Visto que para a mesma publicação podem ter autores de diferentes países e universidades, encontrámos 57 registos de filiação dos autores na Holanda, seguida por 31 registos nos EUA, 15 na Bélgica, nove na África do Sul, e com seis registos cada: Austrália, Alemanha e Portugal. A relação completa da filiação dos autores por país vê-se na Figura 12

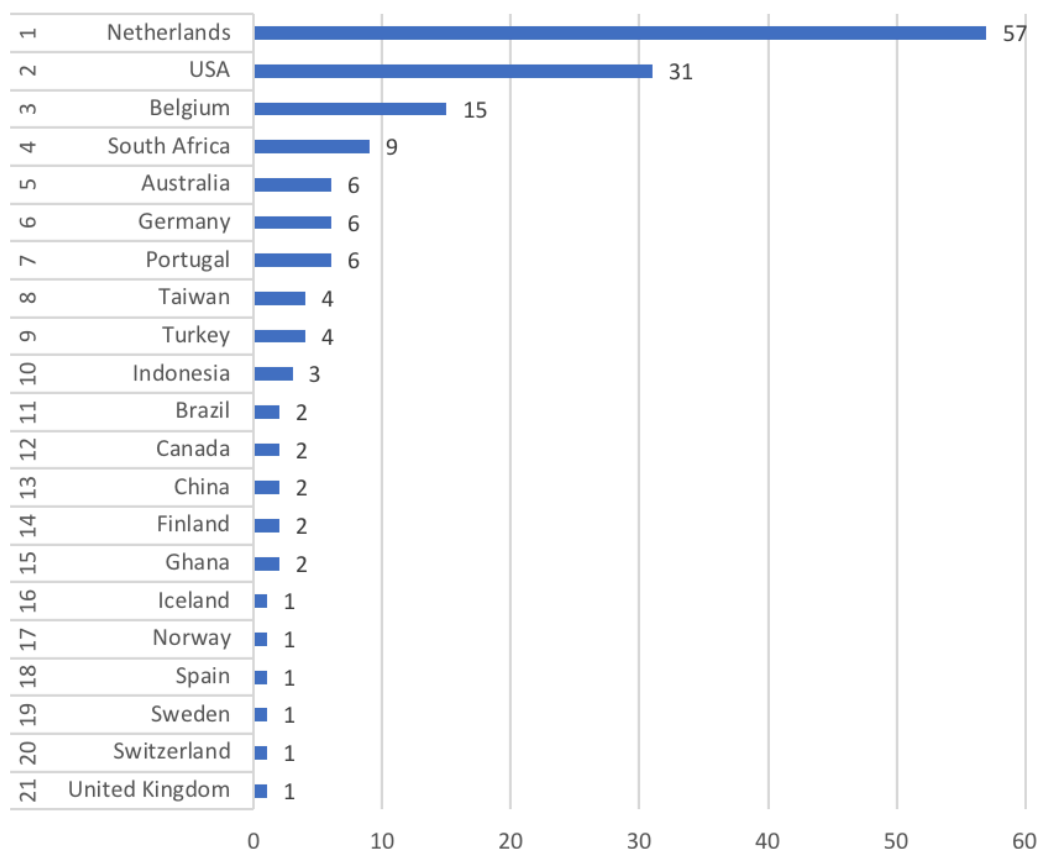


Figura 12. Filiação dos autores por país

Ao analisar a filiação dos autores por universidade, localizámos 209 registos, o que nos leva a concluir que o mesmo autor pode ter mais de uma universidade como filiação. Do total de 209 registos, a Open University of Netherlands foi registada 55 vezes, correspondendo a 26%, sendo a universidade com uma maior expressividade, seguida pela Katholieke Universiteit Leuven na Bélgica com nove registos (4%). O Quadro 8 apresenta a relação das 10 universidades que tiveram maior número de registos.

Quadro 8

Filiação dos autores por universidade

	Universidades	Total de Registos	Percent
1	Open University of the Netherlands	55	26%
2	Katholieke Universiteit Leuven	9	4%
3	Erasmus University Rotterdam	8	4%
4	University Medical Centre Utrecht	8	4%
5	University of Pretoria	8	4%
6	Utrecht University	7	3%
7	Indiana University Bloomington	6	3%
8	Institute of Education Lisbon University	6	3%
9	Maastricht University	6	3%
10	University of New South Wales	5	2%
	Other Universities	91	44%
		209	100%

Das 10 universidades que mais surgiram nos registos, 50% estão localizadas na Holanda, seguida de forma igualitária por: Bélgica, África do Sul, EUA, Portugal e Austrália com 10% cada. Setenta por cento das universidades com maior relevância estão no continente Europeu, seguido pelos continentes Africano, Americano e Oceânia cada qual com 10% de representatividade. Como se pode observar na Figura 13 e Figura 14.

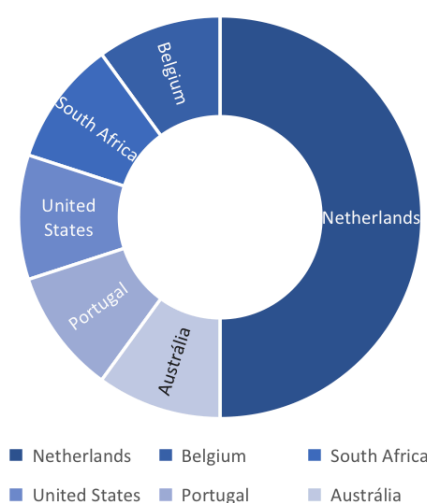


Figura 13. Razão das Universidades por país

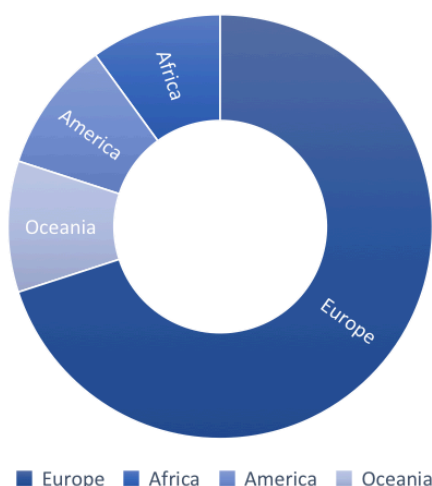


Figura 14. Razão das Universidades por continente

Metassíntese - Análise de Conteúdo

Segundo Matheus (2009): “a metassíntese qualitativa é um campo de pesquisa emergente com potencial contribuição para a prática baseada em evidências, apesar das controvérsias de carácter conceitual e metodológico.” (p. 543).

No final da análise com viés quantitativo, realizou-se a leitura dos 10 artigos mais bem posicionados deste recorte, para avançar com a análise de conteúdo a partir da metassíntese dos textos. A leitura dos artigos foi sistematizada de forma a buscar nos textos os objetivos da pesquisa, o método adotado e definição e aplicação do Modelo 4C/ID.

Esta fase teve como objetivo auxiliar-nos na construção de uma nova argumentação para repensarmos o modelo 4C/ID a partir dos referenciais científicos bases deste estudo. Demo (1994) diz que “a pesquisa teórica não implica imediata intervenção na realidade, mas nem por isso deixa de ser importante, pois seu papel é decisivo na criação de condições para a intervenção” (p. 36).

Quadro 9

As 10 palavras com maior frequência

	Word	Length	Count	Weighted Percentage	Similar Words
1	tasks	5	1460	2,32%	task, tasks, task''
2	learning	8	1418	2,25%	learn, learned, learning
3	cognitive	9	720	1,14%	cognit, cognition, cognitive, cognitively
4	problems	8	642	1,02%	problem, problems
5	performance	11	593	0,94%	perform, performance, performances, performance', performed, performer, performers, performing, performs
6	skills	6	530	0,84%	skill, skilled, skills
7	educators	9	467	0,74%	educ, education, educational, educators
8	complex	7	438	0,70%	complex, complexity, complex'
9	information	11	427	0,68%	inform, informal, information, informational, informed, informs
10	process	7	377	0,60%	process, processed, processes, processing

Continuando foi feita a leitura dos artigos com um olhar atento aos objetivos, métodos, definições e aplicações do modelo 4C/ID. Deu-se então a criação dos *Nodes* específicos a partir da codificação do corpo dos textos. Esta ação deu-nos melhores condições para interpretar os principais argumentos teóricos. Foram inicialmente criados os *Nodes*, devidamente codificados, para: Título, Objetivos, Métodos e 4C/ID.

Foi realizada a contagem das 10 palavras, e palavras derivadas (*stemmed words*), de maior frequência com no mínimo quatro letras, exceto as palavras: “*design*”, “*instructional*”, “*article*” e “*model*”, pelo fato de serem palavras comuns para o corpus em questão.

Obtivemos então o Quadro 10 que apresenta um comparativo entre as 10 palavras mais

frequentes encontradas na busca livre, título dos artigos, objetivos, métodos e definição/uso do modelo 4C/ID.

Quadro 10

Comparativo das 10 palavras pelos nodes

	Busca Livre	Títulos	Objetivos	Métodos	4C/ID
1	tasks	learning	tasks	learning	tasks
2	learning	cognitive	cognitive	tasks	learning
3	cognitive	complex	learning	discusses	complex
4	problems	tasks	skills	cognitive	strategy
5	performance	load	video	section	component
6	skills	theory	complex	problem	practice
7	educators	toward	approach	solving	schemas
8	complex	video	discusses	principles	support
9	information	acquisition	investigate	theory	whole
10	process	approaches	theory	developments	described

Avançamos então para as palavras com mais frequências nos *Nodes* em estudo, e obtivemos o resultado de: **learning** (5), **tasks** (5), **cognitive** (4) e **complex** (4).

Ao sintetizar estas quatro palavras com maior significância, realizamos um *Matrix Coding* da relação com os *Cases* que definidos pelo primeiro autor de cada artigo. Logo obtivemos os resultados expostos no Quadro 11.

Quadro 11

Matrix Coding das 4 palavras frequentes versus autores.

	A : Cognitive	B : Complex	C : Learning	D : Tasks
1 : Blomberg	33	26	165	13
2 : Corbalan	39	45	161	212
3 : Janssen-Noordman	7	39	68	81
4 : Jung Lim	29	36	76	136
5 : van Merriënboer	227	240	631	671
6 : Merrill	19	9	121	33
7 : Wouters	127	27	92	53

A Figura 16 apresenta as relevâncias dos conceitos trabalhados pelos autores do nosso corpus de análise. Nota-se que os altos índices confirmam a importância dos termos, levando em conta a linha de investigação de cada autor. Salvo um único caso, os demais apresentaram índices acima de 50% de relevância dos termos em cada *Case* codificado.

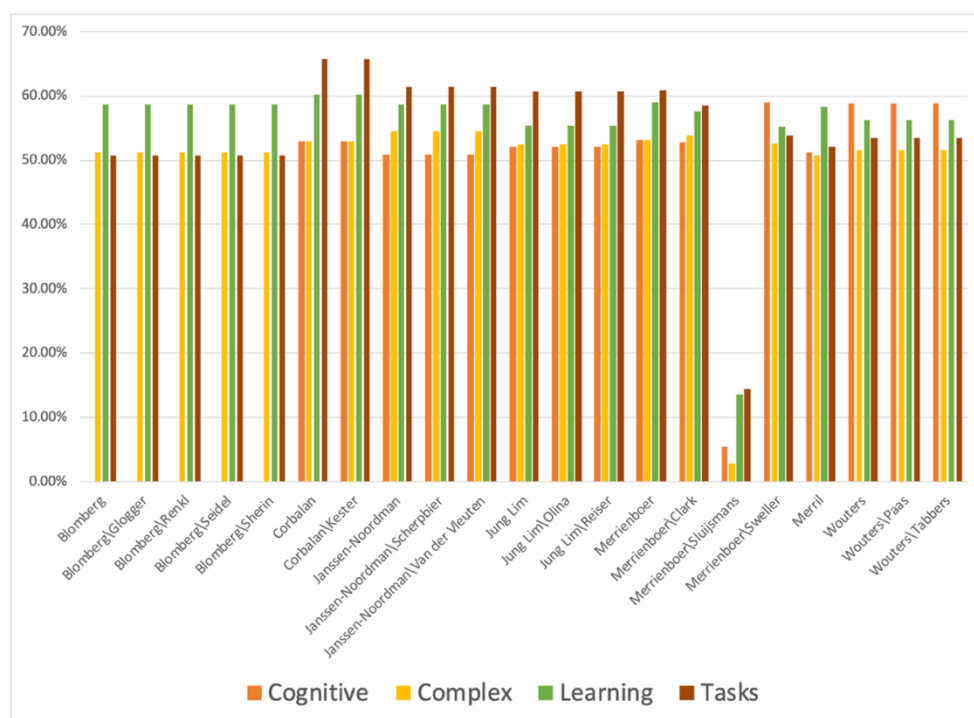


Figura 16. Relação das palavras com maior significância pelos autores

Ao avançar nos trabalhos de observação dos resultados da síntese das palavras com maior frequência (learning, tasks, cognitive e complex), compreendemos que as principais preocupações dos estudos estão relacionadas com o envolvimento dos alunos em processos cognitivos relevantes, em certos casos também voltados para a aprendizagem autodirigida, e a aquisição e transferência de uma habilidade cognitiva complexa, quer seja para os alunos quer para os professores em formação.

Resolvemos então pesquisar trabalhos científicos que abordassem assuntos que se relacionassem com os temas em observação (learning, tasks, cognitive e complex) e com o modelo instrutivo adotado para esta investigação (4C/ID). Registamos os seguintes trabalhos:

- O recente trabalho de Costa e Miranda (2016) que investigou as diferenças na aprendizagem da programação utilizando o modelo 4C/ID combinado com o software Alice, em que estes resultados sugerem que o software Alice, quando combinado com o modelo instrucional 4C/ID, tem efeitos positivos na aprendizagem de programação e no raciocínio lógico; e
- Assim como o trabalho de Melo e Miranda (2015) com a aplicação do modelo 4C/ID no ensino de circuitos elétricos a alunos do 9º ano, a mensurar efeitos sobre aquisição e transferência de conhecimento, além do esforço mental percebido, em que perceberam uma carga cognitiva menor no teste de transferência e o ambiente de aprendizagem desenvolvido com o modelo 4C/ID provou ser mais instrucional do que o método convencional.

Como há diferentes ambientes em que modelo 4C/ID é aplicado e os resultados são significativos, supracitado no ensino de programação de computadores e ensino de circuitos elétricos, resolvemos realizar uma análise com viés na definição e aplicação do modelo instrucional, advindo dos autores dos artigos que compuseram a base de dados deste estudo. Escolhemos os três artigos que melhor a representam.

1. No *Blueprints for Complex Learning: The 4C/ID-Model* os autores afirmam que o modelo 4C/ID aborda pelo menos três deficits de outros modelos de design instrucional. Primeiro, o modelo 4C/ID concentra-se na integração e no desempenho coordenado de habilidades constituintes específicas da tarefa, e não em tipos de conhecimento, contexto ou média de apresentação. Em segundo lugar, o modelo faz uma distinção crítica entre informações de suporte e informações just-in-time (JIT) necessárias (a última especifica o desempenho necessário, não apenas o tipo de conhecimento necessário). E terceiro, os modelos tradicionais usam tanto a tarefa parcial quanto a prática de toda a tarefa; o modelo 4C/ID recomenda uma mistura em que a prática de tarefas particulares suporta aprendizagem complexa, da “tarefa total”.
2. *Design of integrated practice for learning professional competences*. Neste artigo, os autores defendem o modelo de design instrucional de quatro componentes (4C/ID), que oferece uma abordagem de tarefa completa para o design de cursos para programas nos quais os alunos aprendem habilidades complexas.
3. Por fim, no *The effects of part-task and whole-task instructional approaches on acquisition and transfer of a complex cognitive skill* relata que o modelo 4C/ID foi escolhido para esta comparação porque (a) o modelo é considerado particularmente adequado para aprendizagem e transferência complexas, e (b) sua descrição inclui diretrizes de projeto instrucional consideravelmente mais detalhadas do que outros modelos similares. Além disso, alguns autores descrevem o modelo 4C/ID como a metodologia de design instrucional mais abrangente para aprendizagem complexa que ainda está disponível (por exemplo, Merrill 2002).

Apesar de os resultados mostrarem que as pesquisas sobre o tema estão centradas em países, revistas e universidades específicos, revelaram ainda que este modelo instrutivo se

aplica a vários domínios, que vão da saúde à formação de professores, mas que todas têm em comum a preocupação em encontrar estratégias de ensino eficientes e eficazes.

Utilizar a bibliometria apresentou-se uma boa escolha, dado que os resultados nesta análise seguem na mesma linha de Yoshida (2010) quando afirma que o uso da bibliometria tem especial uso na mineração de tecnologias emergentes, na busca de diferentes caminhos de desenvolvimento e a combinações desses caminhos para a efusão de novas tecnologias a serem adotadas no futuro.

Os resultados obtidos com a análise de conteúdo agregaram mais valor no que diz respeito ao significado das publicações, dado que “o objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas” (Chizzotti, 2018, p. 98). Confirmou-se então que o uso do modelo instrutivo dos quatro componentes apresenta resultados significativos na aquisição e transferência de conhecimentos para estudos voltados à aprendizagem complexa.

Por fim, o interesse em propor modelos instrutivos que sejam motivadores e interdisciplinares, que ofereçam aos estudantes uma experiência de aprendizado com definições claras para o design de objetos de aprendizagem com efetivo controlo da carga cognitiva, apontam o modelo instrutivo aqui proposto como uma escolha assertada.

Ensino de Programação de Computadores com Suporte no Modelo 4C/ID

O modelo 4C/ID tem sido utilizado para aprimorar a aquisição de conhecimento em diversas áreas de conhecimento como: saúde, gestão, psicologia, tecnologias entre outras, como mostra a análise do escopo das seis revistas científicas que mais publicam sobre o tema. Ver Quadro 12.

Quadro 12

Escopo das revistas que mais publicam sobre 4C/ID

Pos	Journal	Total de Registos	Freq (%)	Escopo
1º	Educational Technology Research and Development	18	26%	"on topics relating to applications of technology or instructional design in educational settings"
2º	Instructional Science	9	13%	"Published papers represent a variety of perspectives from the learning sciences and cover learning by people of all ages, in all areas of the curriculum, in technologically rich or lean environments and in informal and formal learning contexts."
3º	Educational Psychology Review	5	7%	"The contents provide breadth of coverage appropriate to a wide readership in educational psychology and sufficient depth to inform the most learned specialists in the discipline."
4º	European Journal of Dental Education	4	6%	"aim is to publish original, topical and review articles of the highest quality in the field of dental education."
5º	Learning Environments Research	3	4%	"This journal interprets "learning environment" as the social, physical, psychological, and pedagogical contexts in which learning occurs and which affect student achievement and attitudes."
6º	Medical Teacher	2	3%	"of teachers and administrators throughout the world involved in training for the health professions. This includes courses at basic and post-basic levels, as well as the increasingly important area of continuing education."
	Others	28	41%	
		209	100%	

Nas pesquisas que tratam do uso do modelo 4C/ID para o ensino das TIC a meta-análise de Melo e Miranda (2018) selecionou os 7 estudos com maior impacto nesta componente, são eles:

1. **Nadolski, Kirschner e van Merriënboer (2005)** “focaram o seu trabalho na segmentação das tarefas de aprendizagem complexa na área do ensino do direito com recurso a um ambiente digital.” (p. 52).
2. **Lim (2006)** “investigou os efeitos de duas abordagens instrucionais (tarefa segmentada versus tarefa não segmentada) e do nível de especialização dos alunos (novato versus perito) sobre aquisição e transferência de uma competência cognitiva complexa (preparação de uma folha de cálculo).” (p. 52).
3. **Sarfo e Elen (2007)** “estudaram o efeito da utilização de um ambiente de aprendizagem concebido com os princípios do modelo 4C/ID ao nível da reprodução e transferência de conhecimentos técnicos em escolas de ensino profissional no Ghana. Foi ainda avaliado o efeito do uso das TIC sobre eficiência da utilização do modelo 4C/ID.” (p. 53).
4. **Lim, Reiser e Olin (2009)** “investigaram os efeitos de duas abordagens instrutivas (apresentação das tarefas de forma segmentada versus apresentação das tarefas concebidas com base no modelo 4C/ID) sobre aquisição e transferência de uma competência cognitiva complexa no contexto aprendizagem das TIC.” (p. 53).
5. **Flores (2011)** “estudou o impacto da utilização de um ambiente de aprendizagem de matemática para o ensino secundário concebido com base no modelo 4C/ID, ao nível dos desempenhos (reprodução e transferência) e do esforço mental percebido pelos alunos.” (p. 54).
6. **Rosenberg-Kima (2012)** “comparou as diferenças entre duas abordagens instrutivas (centrada nas tarefas de aprendizagem versus centrada nos objetivos),

no âmbito do ensino da programação em Flash, ao nível dos desempenhos (reprodução e transferência) e esforço mental despendido.” (p. 54).

7. **Lim e Park (2012)** “investigaram os efeitos das abordagens instrutivas 4C/ID e segmentação de informação em termos dos desempenhos (de reprodução e transferência), em alunos do segundo ano do ensino superior numa disciplina de TIC na Educação, para o treino de competências complexas no contexto da programação em MSExcel®.” (p. 54).

Agregamos ainda o trabalho de Costa e Miranda (2016) que investigou diferenças na aprendizagem da programação utilizando o modelo 4C/ID combinado com o software Alice, em que estes resultados sugerem que o software Alice, quando combinado com o modelo instrucional 4C/ID, tem efeitos positivos na aprendizagem de programação e no raciocínio lógico.

Há também o trabalho de Pontes, Miranda e Santos (2016) que buscou compreender os problemas associados às dificuldades de ensinar e de aprender a programar junto de alunos de graduação em arquitetura de uma instituição de ensino público universitário, com o objetivo de desenvolver um modelo de ensino e aprendizagem que supere algumas das dificuldades detetadas baseado no modelo instrutivo 4C/ID.

E o trabalho de Melo e Miranda (2015) com a aplicação do modelo 4C/ID no ensino de circuitos elétricos a alunos do 9º. ano a mensurar efeitos sobre aquisição e transferência de conhecimento, além do esforço mental percecionado, em que perceberam uma carga cognitiva menor no teste de transferência e o ambiente de aprendizagem desenvolvido com o modelo 4C/ID provou ser mais instrucional do que o método convencional.

Desta forma a Figura 17 ilustra uma linha do tempo com as publicações com relevância significativa da aplicação do modelo 4C/ID nas instruções de componentes relacionados às Tecnologias da Informação e Comunicação.



Figura 17. Linha do tempo das publicações significativas do modelo 4C/ID

Motivação e Aprendizagem da Programação

Um dos fatores que influencia a vontade de aprender a programar prende-se com a motivação. A motivação é considerada como um impulsionador da ação, que pode determinar comportamentos específicos (cf. Chiavenato, 1999, Lemos, 2015, entre outros). Os autores Taipa e Fita (2015) consideram que “a motivação é um conjunto de variáveis que ativam a conduta e a orientam em determinado sentido para poder alcançar um objetivo”. (p. 65).

A motivação escolar é uma categoria da motivação e tem tanta importância como a motivação para realizar outras atividades. Para Lemos (2015) os alunos motivados são os que farão um percurso escolar mais longo, pois eles otimizam a aprendizagem e o desempenho e manifestam mais entusiasmo, curiosidade e interesse.

Existem dois tipos fundamentais de objetivos que determinam a motivação escolar: objetivos de aprendizagem e objetivos de realização ou desempenho (Elliot & Dweck, 2005). Os primeiros induzem os estudantes a serem persistentes, a atribuírem os seus sucessos e fracassos ao esforço e a causas controláveis, porque estão mais interessados em desenvolver as competências associadas à aprendizagem das diferentes tarefas do que ao reforço do ego. Pelo contrário, os estudantes que se motivam para atingir objetivos de realização têm tendência a procurar atividades em que possam obter juízos favoráveis sobre os seus desempenhos pois, caso contrário, podem ficar fragilizados enquanto indivíduos (Dweck & Leggett, 1988). Segundo Lieury e Fenouillet (1997) esta distinção entre objetivos de realização e de aprendizagem “é semelhante à distinção entre um envolvimento em relação ao ego (objetivo de desempenho) e um envolvimento em relação à tarefa (objetivo de aprendizagem), que é retomada por muitos autores (p. 81)”.

Ramos (2013) afirma que, no contexto académico do ensino superior, a motivação é decisiva para a qualidade da aprendizagem e do desempenho. Ela alega que os alunos que estão motivados apresentam um comportamento ativo no processo da aprendizagem, o que o possibilita melhor absorção do domínio do conteúdo estudado, mas claro, com o dispêndio de esforço e dedicação adequado.

Compreender como os fatores motivacionais podem influenciar a aprendizagem da programação junto de estudantes de arquitetura, cujas motivações académicas e profissionais se situam noutros domínios do conhecimento, pode ser desafiador pois, não sendo em princípio a programação um assunto que lhes interesse, terão que aprender para finalizar os seus estudos universitários e para responderem às demandas do mundo profissional.

Motivação de Realização

Muthee e Thomas (2009) definem a motivação de realização como um conceito amplo. Uma variável de personalidade que tem sido usada para explicar as diferenças individuais em vários contextos, incluindo a escola, o desporto e o trabalho.

A Teoria da Motivação de Realização teve como precursor, segundo Covington (1998), o estudo de Ferdinand Hoppe, realizado nos anos 30, como "a chave para a questão de como, psicologicamente, os seres humanos definem sucesso e fracasso" (p. 27). Hoppe convidou estudantes universitários e pessoas do comércio local para participar do experimento que consistia em lançar anéis em estacas móveis a diferentes distâncias. Ele descobriu que alguns sujeitos se sentiam satisfeitos depois de acertar em torno de oito anéis, enquanto outros apresentaram frustração mesmo após terem feito doze lances assertivos. Hoppe concluiu que o nível de desempenho necessário para despertar sentimentos de sucesso, muda ao longo do tempo e de indivíduo para indivíduo (Covington, 1998, p. 28).

O estudo de Hoppe levou Covington (1998) a concluir que há vários fatores de motivação como: Níveis de Aspiração, Autoconfiança, Expectativa, Desafios Realistas, Metas Autogeridas e Controlo do Progresso Próprio. (pp. 28-32).

Hoppe inspirou o artigo *The Achievement Motive* (1953) de Atkinson, Clark e Lowell e influenciou McClelland em seu programa de investigação sobre motivação na Universidade de Michigan.

Atkinson (1957) relata que “a motivação de realização é um modelo teórico destinado a explicar como o motivo para obter sucesso e o motivo para evitar o fracasso influenciam o comportamento numa situação em que o desempenho é avaliado em relação a algum padrão de excelência" (p. 371).

Na teoria de Atkinson temos a presença da atividade orientada para a realização, definida como uma atividade em que há no sujeito uma expectativa de que o seu desempenho

será aferido a partir de um padrão que deseja alcançar a excelência. Desta forma o sujeito é desafiado a realizar ações que o conduzam ao sucesso esperado, porém há também ameaças de um possível fracasso. As atividades orientadas para a realização são influenciadas por duas intenções antagônicas que são: as intenções para alcançar o sucesso e as intenções para evitar o fracasso.

Os estudos de Atkinson e Feather (1969) referem que a teoria da motivação de realização concentra-se na resolução do conflito entre estas duas intenções opostas que são inerentes a qualquer atividade orientada para a realização, mas também ressaltam que há fontes extrínsecas de motivação para realizar uma atividade que influenciam diretamente os resultados motivacionais (p. 338). Contudo, cada pessoa desenvolve, ao longo do seu percurso existencial, um padrão motivacional que pode ser mais orientado para obter o sucesso ou, pelo contrário, para evitar o fracasso. São dois padrões distintos que se repercutem no modo como cada um enfrenta as diferentes tarefas escolares e profissionais. Geralmente, os alunos motivados para obter sucesso são mais persistentes, mesmo quando encontram obstáculos para alcançar os objetivos propostos, resistem melhor à frustração e avaliam melhor as situações. Os estudantes com um padrão motivacional ‘para evitar o fracasso’, resistem pior à frustração decorrente dos obstáculos que encontram no processo de aprendizagem, são menos persistentes e tem tendência a escolher tarefas ou muito fáceis ou muito exigentes, pois avaliam pior as situações que lhe são propostas (cf. Deci & Ryan, 1985; Vallerand, 1993; citados por Lieury & Fenouillet, 1996).

Dentro da componente da “atitude” proposta pelo complex learning entendemos então que a motivação de realização possa trazer os benefícios esperados à aplicação do Modelo 4C/ID, assim como a autonomia que o aluno deve apresentar em gerir seus interesses pedagógicos por meio de uma aprendizagem mais independente e autodirigida.

Aprendizagem Autodirigida

Para Runa (2013) “A partir da década de sessenta, o tema de auto direção na aprendizagem começou a ser objeto de interesse e de estudo, no campo da educação. A relevância atribuída à aprendizagem autodirigida compreende-se pela confluência de fatores de ordem filosófica, sociológica, política e psicológica”. (p. 43). Runa (2013) alega que está nas mãos do educando a iniciativa, a responsabilidade e o controlo do processo de aprendizagem, por esse motivo se dá a designação de aprendizagem autodirigida.

Nyhan (1996) define a aprendizagem autodirigida como uma competência “aprofundada e alargada, mais do que uma aprendizagem de procedimentos e regras, pois este conhecimento aprofundado, assim como o domínio de tarefas e situações específicas, originam a apropriação de princípios e processos genéricos que podem ser transferidos para enfrentar qualquer outra área específica”. (p. 48).

Reforçado por Magalhães, Santos e Neves (2011) ao referir que a autoaprendizagem se define como uma competência em que o próprio aluno é que constrói e reconstrói o seu percurso académico de aprendizagem, ao eleger os conteúdos que pretende adquirir, no qual o próprio autorregula seu processo de aprender de forma proactiva, responsável e autónoma.

Faria, Rurato, e Lima Santos (2000) reforçam a ideia de que um estudante autónomo é aquele que consegue identificar uma necessidade de aprendizagem e que usa os seus recursos pessoais eficazmente, utilizando de forma sistemática e flexível as suas capacidades cognitivas, sociais e de criatividade.

Esta capacidade de aprender por si próprio, que é básica para o ser humano, é condição fundamental para o desenvolvimento pessoal nos dias atuais. Santos e Gomes (2009) alegam que se deve levar em conta que aprendizagem autodirigida requer intencionalidade, esforço, disciplina e responsabilidade, e que não se deve confundir com simplicidade ou superficialidade.

Esforço Mental Percecionado

Outro constructo presente neste estudo é o de Esforço Mental Percecionado.

Considera-se esforço mental como a quantidade total de controlo cognitivo processado em que um indivíduo está envolvido. As medidas do esforço mental podem fornecer informações sobre os custos cognitivos de aprendizado, desempenho ou ambos. (Paas & van Merriënboer, 1993, p. 738)

Paas (1992) relata que a intensidade do esforço mental pode ser considerada como um índice da carga mental de trabalho. Para Paas e van Merriënboer (1993), o desempenho pode ser definido como a eficácia no cumprimento de uma tarefa específica; muitas vezes é medido pela velocidade, precisão ou, em contextos educacionais, pontuações de testes.

Alves et al. (2017) alegam que a performance ou desempenho é um conceito mais simples de se compreender. Levam em consideração que a performance pode ser definida como as “conquistas” do aprendiz, o quão bem o indivíduo consegue realizar determinada tarefa.

A abordagem de Paas e van Merriënboer (1993) fornece uma ferramenta para relacionar o esforço mental às medidas de desempenho. Nessa abordagem, o desempenho numa tarefa complexa, associado ao baixo esforço é chamado de instrução de alta eficiência, enquanto o desempenho de uma tarefa menos complexa com alto esforço mental é chamado de instrução de baixa eficiência. (Paas et al., 2003, p. 67)

Algebricamente mensura-se a eficiência instrutiva (E) a partir da distância normalizada da pontuação do desempenho dos alunos ($z_{Performance}$) e do esforço mental ($z_{Mental\ Effort}$) pela diagonal correspondente $E = 0$. (Paas, Tuovien, Tabbers & Gerven, 2003). Repare que a raiz quadrada 2 nesta fórmula vem da fórmula geral para o cálculo da distância de um ponto, $p(x, y)$, para uma linha, $ax + by + c = 0$ (Figura 18)

$$E = \frac{Z_{Performance} - Z_{Mental\ Effort}}{\sqrt{2}}$$

Figura 18. Expressão para cálculo da Eficiência Instrucional

Para facilitar a leitura dos indicadores encontrados para a eficiência instrucional, o gráfico proposto por Paas, Tuovien, Tabbers e Gerven (2003) exibe as informações num plano cartesiano, onde o eixo vertical apresenta o desempenho e o horizontal o esforço mental. (Figura 19)

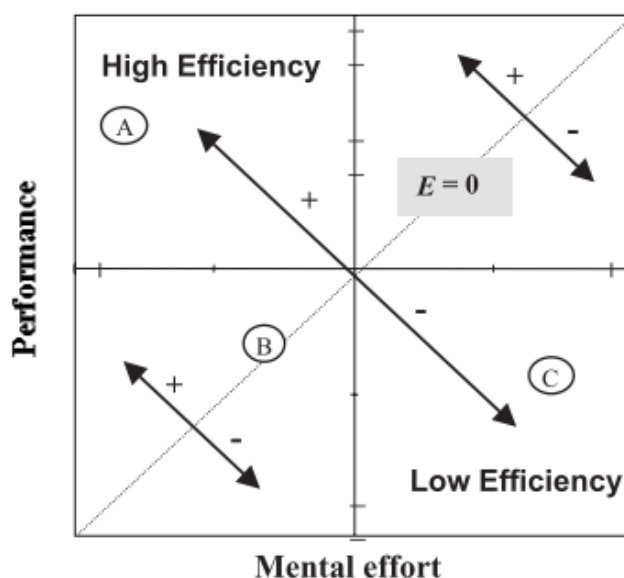


Figura 19. Apresentação gráfica usada para visualizar a eficiência instrucional

Neste exemplo, a maior eficiência ocorreu na Condição A, na qual um alto desempenho é obtido com um esforço mental relativamente baixo. A menor eficiência ocorreu na Condição C, que combinou baixo desempenho com alto esforço mental. A condição B é uma condição intermediária de eficiência neutra. (Paas et al., 2003, p. 68)

Ahern e Beatty (1979) referem que existe uma relação entre o esforço mental investido e o desempenho, e este com a eficiência. Paas e van Merriënboer (1993) relatam que a

atuação do aprendiz é o mais eficiente possível quando o seu desempenho for maior do que o esperado com base no esforço mental investido, e/ou esforço mental for menor que o esperado com base em seu desempenho.

Segundo Moray (1979), o esforço mental é frequentemente medido por escalas de avaliação, técnicas psicofisiológicas ou métodos de dupla tarefa.

A Escala de Esforço Mental utilizada nesse estudo foi anteriormente validada e testada para amostras em língua portuguesa no trabalho de Oliveira (2007), depois utilizada no trabalho de Melo (2018), o que nos garantiu a fiabilidade de seu uso. (ver Apêndice H: Escala de Esforço Mental)

Neste estudo optou-se por aplicar a escala de esforço mental em dois momentos. O primeiro ao fim da realização da tarefa de aquisição de conhecimento. E ao fim da realização da tarefa de transferência de conhecimento para cada um dos grupos de trabalho.

No modelo 4C/ID, como nas teorias da aprendizagem que decorrem da abordagem do processamento da informação ou psicologia cognitiva, para testar se a aprendizagem ocorreu de forma satisfatória e significativa, é não só necessário avaliar os conhecimentos adquiridos durante a aprendizagem de um qualquer conteúdo e/ou procedimento, mas ainda medir se o estudante é capaz de aplicar o que aprendeu a novos problemas ou situações. Estes podem ser mais ou menos próximos da situação inicial de aprendizagem, designando-se de transferência próxima (*near transfer*) ou transferência longínqua (*far transfer*) (cf. Miranda, 2015). Daqui decorre a necessidade de avaliar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes que participaram na experiência e também criar situações em que eles pudessem mostrar que são capazes de transferir o que aprenderem para situações similares. No capítulo da metodologia iremos descrever as provas que aplicámos aos estudantes para avaliar os conhecimentos adquiridos e também a sua capacidade de transferir estes conhecimentos para outra prova similar.

Capítulo 2

O Ambiente Instrutivo

O segundo capítulo é dedicado a concepção do ambiente instrutivo online (*Elroy Learning*), desenvolvido com exclusividade para esta investigação, com a finalidade de atender o mais fidedignamente possível ao modelo de design instrucional dos quatro componentes (4C/ID). São brevemente apresentadas as tecnologias informáticas que foram utilizadas para o desenvolvimento do ambiente. Este ambiente pode ser acedido através da seguinte ligação: <http://www.elroylearning.com>

Seguidamente apresentamos os organogramas estruturantes do ambiente, nas visões de acesso do gestor do ambiente, do professor/instrutor e do aluno. Um comparativo do estudo preliminar do ambiente com as capturas das telas do ambiente online é apresentado para mostrar coerência com o modelo.

A consonância com o modelo também é exposta ao final deste capítulo, apresentando como as aulas foram concebidas tendo em atenção as diretrizes do Modelo 4C/ID. Visualmente são expostos onde e como os alunos tiveram contato com as tarefas de aprendizagem, prática das tarefas, informação de apoio e informação processual, e como as tarefas de aprendizagem foram estruturadas.

Como ambiente instrutivo para abordar os conteúdos ministrados com o modelo de instrucional design foi desenvolvido um ambiente instrutivo online, desenvolvido pelo autor deste estudo, de modo a atender fidedignamente ao que propõe o modelo 4C/ID. Essa ferramenta é nomeada como Projeto Elroy Learning e foi desenvolvida a partir do framework Bootstrap para a camada de frontend, por se tratar de uma solução de reuso de fácil manutenção e constante atualização. Atualmente esse framework encontra-se na versão 4.x com o recurso HTML5, Javascript, CSS3, Less e Sass, multiplataforma. Para a camada do

backend foi utilizada a linguagem de programação em PHP 7.0, e a base de dados é MySQL. O ambiente online pode ser acessado pela URL <http://elroylearning.com>.

O ambiente instrutivo aqui desenvolvido é seccionado em três visões diferentes de acesso: a visão do gestor do ambiente, do instrutor das aulas e a do aluno.

A gestão das funcionalidades de cada secção do ambiente, que será descrito a seguir, como definido por Serra et al. (2008), é composto pela matriz de CRUD como um referencial que permite a descrição e a análise das relações entre as atividades dos processos e a informação manipulada no contexto do negócio. Nesta matriz, cada uma das suas células descreve as ações que um processo exerce sobre uma entidade informacional associada e que podem ser: Create (criar), Read (ler), Update (atualizar) e Delete (excluir). (Serra et al., 2008, p. 3)

Gestor do ambiente

O organograma representado na Figura 20 ilustra as possibilidades de atuação do gestor do ambiente Elroy Learning, que são de gerir: os cursos, instrutores, alunos e especialmente nesse caso, os resultados da Escala de Caracterização da Amostra (Apêndice E: Caracterização Sociodemográfica e Habilidades Tecnológicas), Escala de Autoaprendizagem (Apêndice F: Escala de Autoaprendizagem), e Escala de Motivação de Realização (Apêndice G: Escala de Motivação de Realização), além de possuir uma visão geral dos dados mais significativos do ambiente.

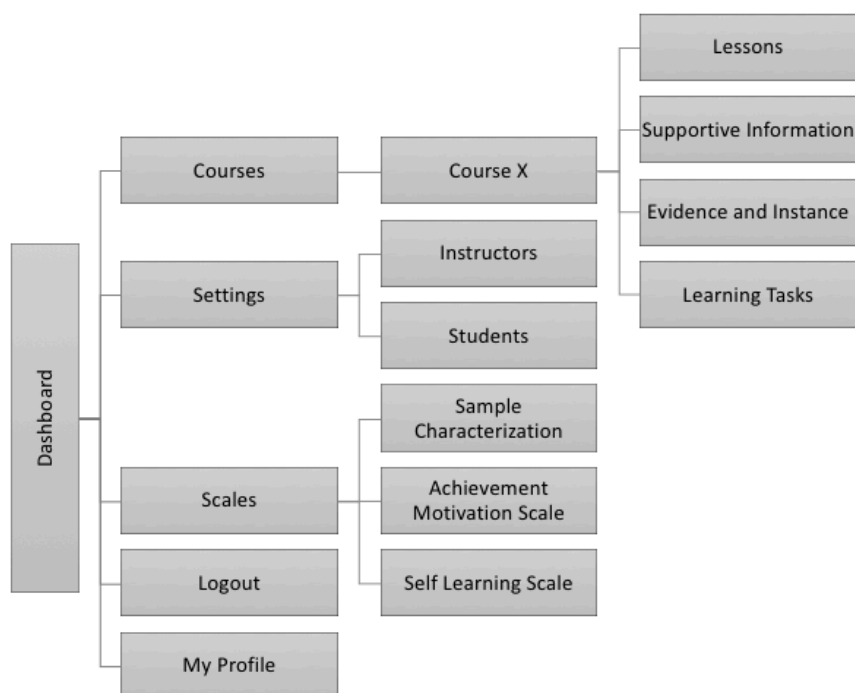


Figura 20. Organograma do Elroy Learning – visão do gerente

A captura da tela do gestor na Figura 21 ilustra a secção do Dashboard com os pontos de importância para o gestor, como os cursos, o total de alunos, alunos com e sem cursos associados. Apresenta também os resumos dos preenchimentos das escalas de Motivação de Realização e Autoaprendizagem, em pré-teste e pós-teste.

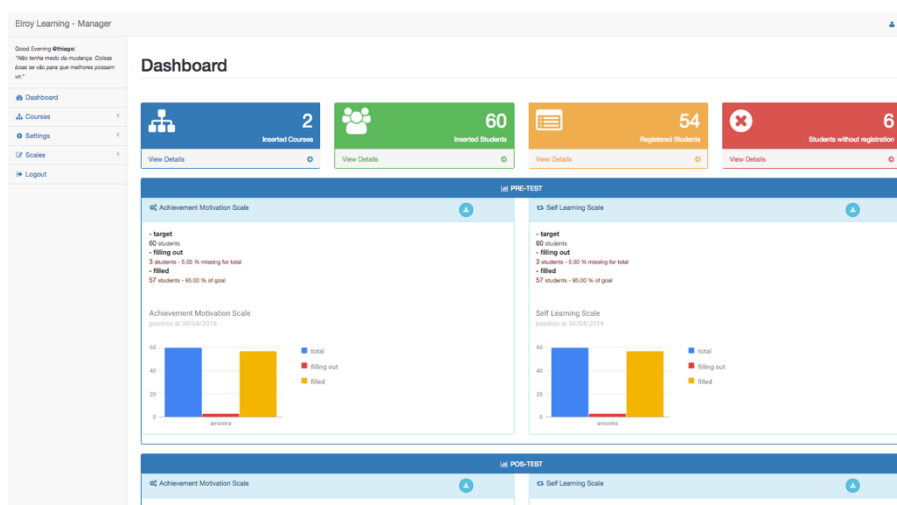


Figura 21. Captura da tela com Dashboard na visão do gerente

Instrutor

O organograma da Figura 22 detalha o mapa conceitual do ambiente instrutivo, na visão do Instrutor. Nele visualiza-se que pode gerir cursos, convidar alunos para os cursos além de gerir as informações pessoais de acesso ao ambiente. (ver Figura 23)

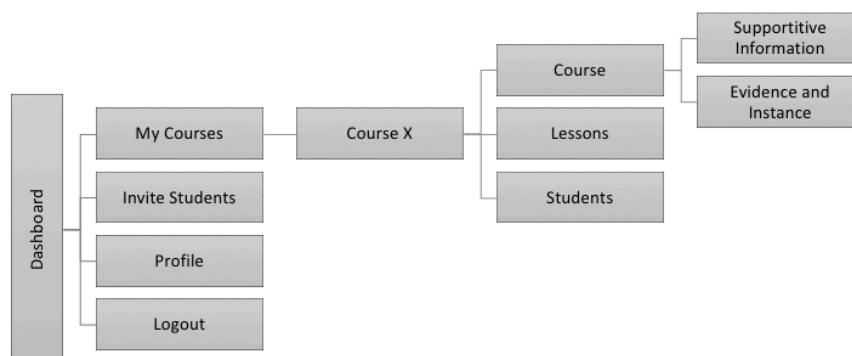


Figura 22. Organograma do Elroy Learning - visão do instrutor

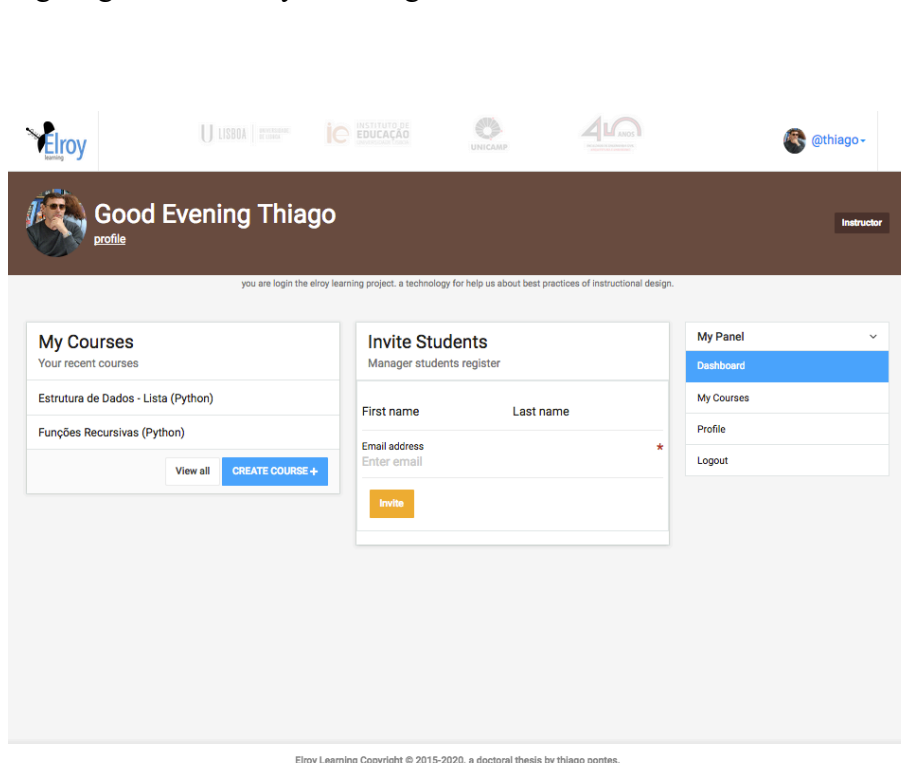


Figura 23. Captura da tela com Dashboard na visão do instrutor

O Instrutor pode gerenciar seus cursos a partir da hiperligação “My Courses” de modo que possa editar as informações do curso como período, principais informações, lições e alunos.

Na gestão do curso o instrutor pode gerir informações sobre o curso, como o nome do curso, data de início e fim, e informações iniciais do que se trata, como currículo ou objetivos dele. (Figura 24)

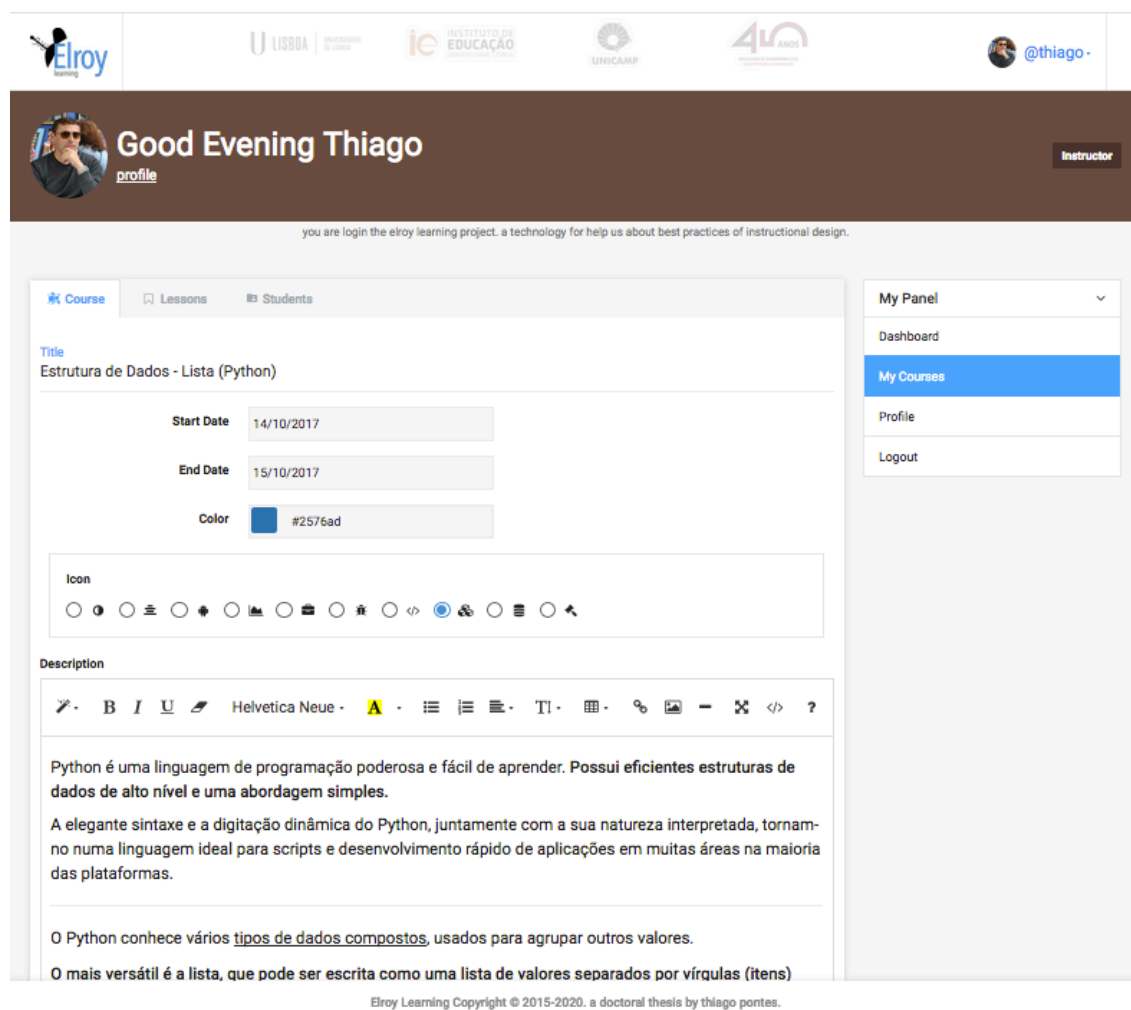


Figura 24. Captura de tela do detalhe do curso, na aba "Course" na visão do instrutor

Cada curso possui três classes de lições que seguiram o modelo proposto por Melo e Miranda (2015) que determinam que:

1ª. Classe de lições: Os alunos tiveram que seguir um conjunto de três tarefas de aprendizagem (T1, T2 e T3) correspondendo a um exemplo resolvido (T1), um exercício parcialmente resolvido (T2) e uma tarefa completa a ser resolvida sem ajuda (T3). (p. 319)

2ª. Classe de lições: Os alunos tiveram que realizar uma sequência de seis tarefas de aprendizado (T1-T6). As três primeiras tarefas correspondiam a exemplos e exercícios resolvidos e parcialmente resolvidos; as últimas três tarefas tiveram que ser resolvidas sem ajuda. (p. 320)

3ª. Classe de lições: Os alunos resolveram uma sequência de 16 tarefas. A primeira tarefa de aprendizagem (T1) com exemplo parcialmente resolvido. Na tarefa (T2) com apoio reduzido, e as demais (T3-T16) sem apoio com exercícios práticos (p. 320)

A Figura 25 ilustra como as tarefas de aprendizagem foram estruturadas.

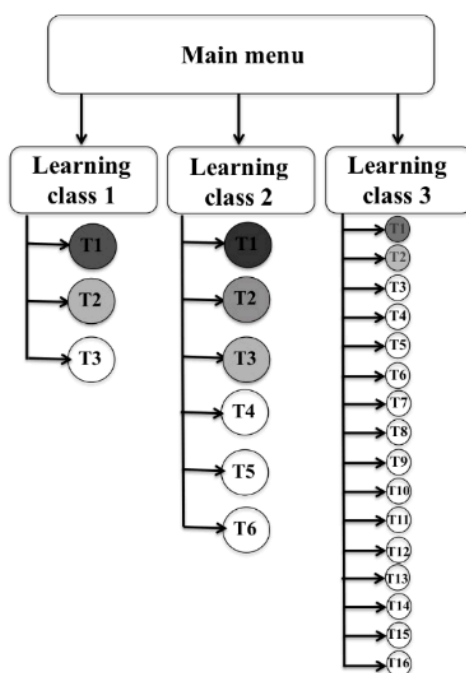


Figure 1: The structure of the learning environment (Melo & Miranda, 2014a)

Figura 25. Estrutura das tarefas no Modelo 4C/ID segundo Melo e Miranda

A Figura 26 apresenta a captura de tela do detalhamento do curso na aba Lessons, no qual o instrutor é conduzido a compor as tarefas de aprendizagem de acordo com a estrutura proposta por Melo e Miranda (2015), descrita acima.

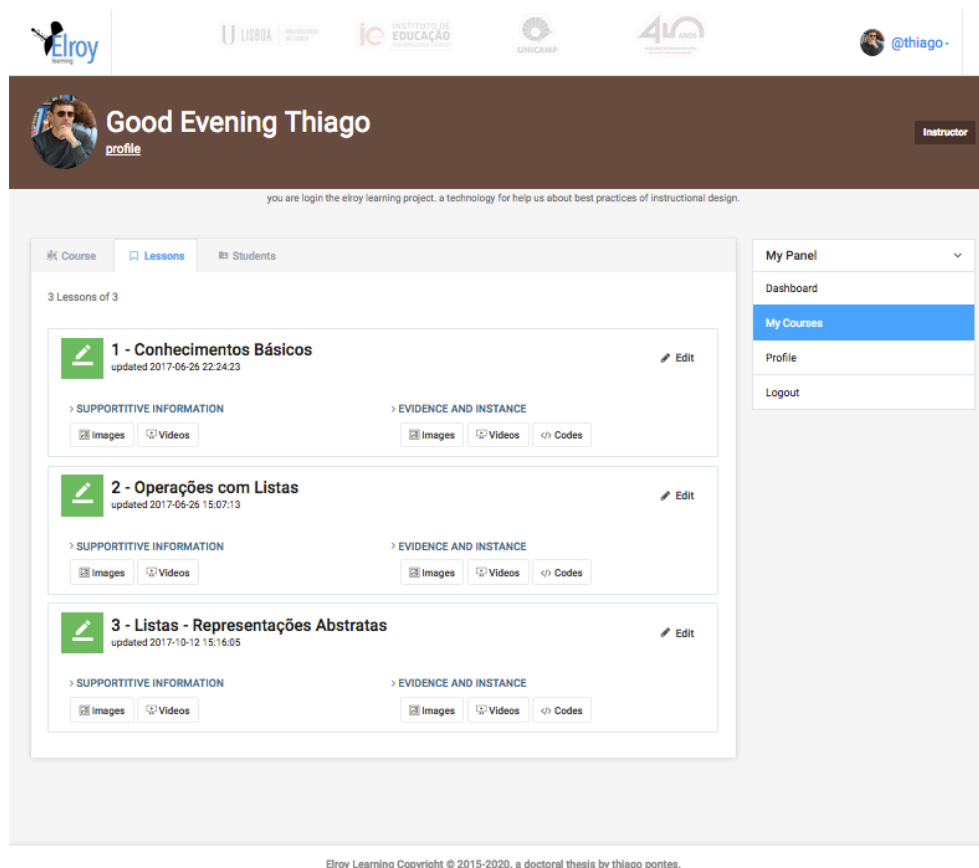


Figura 26. Captura de tela do detalhe do curso, na aba "Lessons" na visão do instrutor

Aluno

O organograma da Figura 27 detalha o mapa conceitual do ambiente instrutivo, agora na visão do Aluno. Nela visualiza-se que o aluno pode aceder aos cursos e gerir as informações pessoais de acesso ao ambiente.

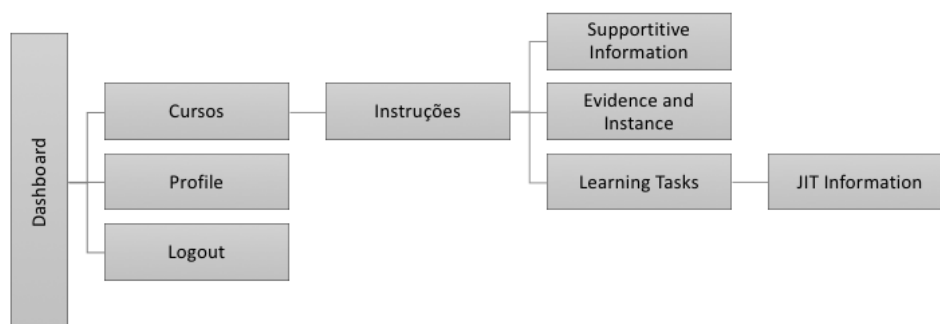


Figura 27. Organograma do Elroy Learning - visão do aluno

Logo no primeiro acesso do aluno, como o ambiente foi programado para uma investigação experimental, o ambiente solicita que o aluno preencha o Questionário de Caracterização da Amostra (Apêndice E. Caracterização Sociodemográfica e Habilidades Tecnológicas), a Escala de Autoaprendizagem em Pré-teste (Apêndice F: Escala de Autoaprendizagem) e a Escala de Motivação de Realização em Pré-teste (Apêndice G: Escala de Motivação de Realização).

Após o preenchimento dos inquéritos o aluno passa a ter acesso aos cursos e então às instruções. A Figura 28 a seguir apresenta a captura de tela das instruções na visão do aluno.

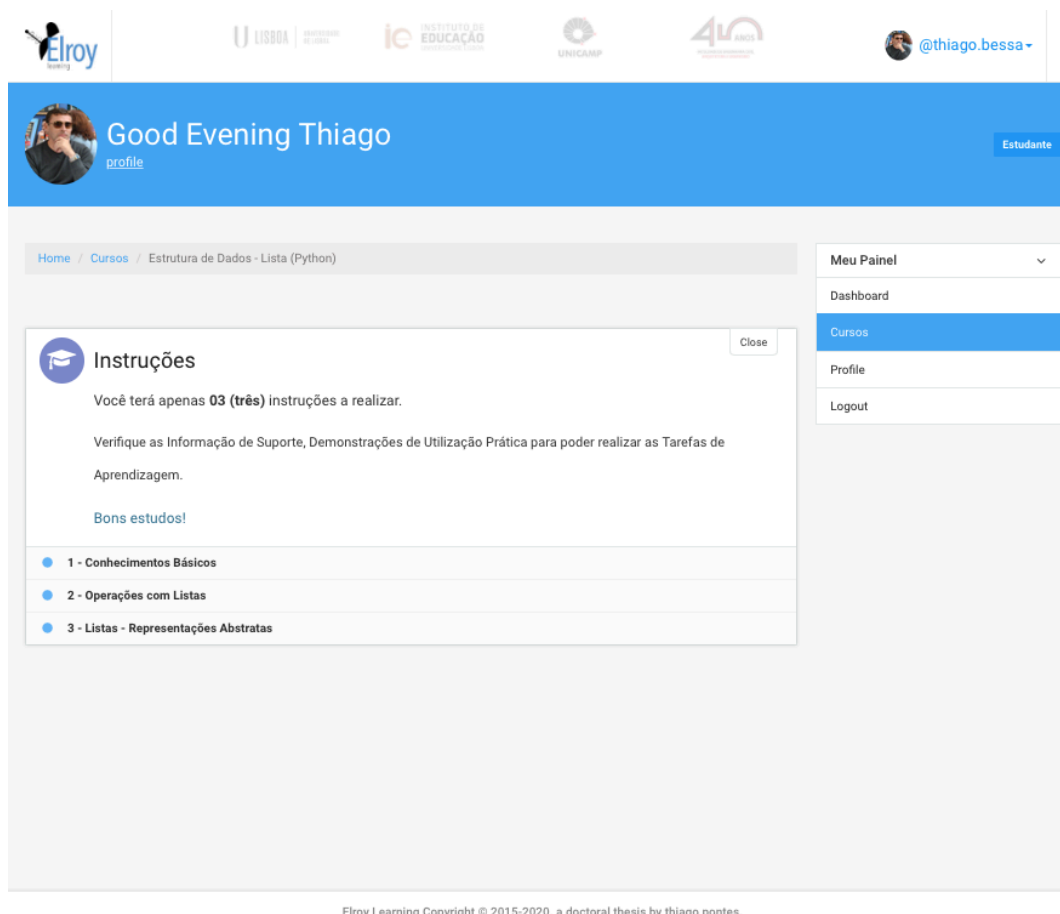


Figura 28. Captura de tela do detalhe do curso, na aba "Lessons" na visão do aluno

Conceção das aulas a partir do Modelo 4C/ID

Seguindo o desenvolvimento do ambiente instrutivo tendo como base o modelo 4C/ID, a Figura 29 ilustra o acesso do aluno ao primeiro grupo de tarefas. A estrutura dos demais grupos de tarefas (grupo 2 e 3) são verossemelhantes, variando a quantidade de tarefas de aprendizagem.

The screenshot displays the Elroy Learning platform interface. At the top, there is a navigation bar with logos for UFRJ, UERJ, and others, along with the user's profile 'Good Evening Thiago' and a 'profile' link. A blue button labeled 'Estudante' (Student) is visible. Below the navigation bar, a breadcrumb trail shows 'Home / Cursos / Estrutura de Dados - Lista (Python) / Instruções'. The main content area is titled '1 Conhecimentos Básicos' and contains a section 'Informação de Suporte' (Support Information). This section explains that lists are heterogeneous collections of objects and provides a code snippet for declaring a list: `lista = [a, b, c, ..., n]`. Below the text is a video player showing the Elroy Learning logo. The right sidebar, titled 'Tarefas de Aprendizagem' (Learning Tasks), lists three classes: 'classe 1', 'classe 2', and 'classe 3'. A legend indicates that orange circles represent 'Próxima Tarefa' (Next Task), blue circles represent 'Tarefa atual' (Current Task), green circles represent 'Tarefa respondida' (Task answered), and grey circles represent 'Tarefa por fazer' (Task to do). At the bottom of the page, a copyright notice reads: 'Elroy Learning Copyright © 2015-2020, a doctoral thesis by thiago pontes.'

Figura 29. Captura de tela das classes de tarefas - visão do aluno

O primeiro componente do modelo 4C/ID são as Tarefas de Aprendizagem e, como citado anteriormente, a estrutura das tarefas de aprendizagem (learning tasks) do curso proposta por Melo e Miranda (2015) como descrito acima. A primeira lição possui três classes de tarefas com uma tarefa (T) para cada classe (T1-T3) ilustrado na Figura 30. Foram abordados conteúdos de conhecimentos básicos de Listas ou Funções Recursivas em Python, conforme o caso.

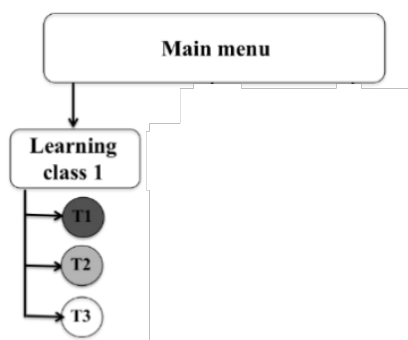


Figura 30. Estrutura das classes de tarefas I propostas por Melo e Miranda (2015)

Correspondendo a um exemplo resolvido (T1), um exercício parcialmente resolvido (T2) e uma tarefa completa a ser resolvida sem ajuda (T3).

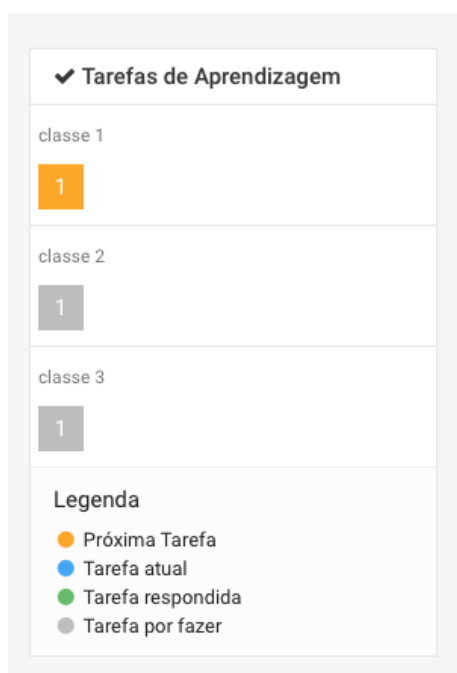


Figura 31. Detalhamento das Tarefas de Aprendizagem das classes de tarefa I

O segundo componente do Modelo 4C/ID são as Informações de Suporte onde o aluno deve aceder à teoria desse grupo de tarefas com o propósito de ser conduzido a usar essas informações como auxílio a fazer uma conexão entre o conhecimento que ele traz consigo, e o que é preciso para desenvolver as tarefas. Neste experimento usámos um vídeo demonstrando

como funciona a estrutura de dados do tipo Listas ou Funções para a linguagem de programação Python.

Ao aceder as Informações de Suporte, o aluno é conduzido às Demonstrações e Instâncias, que como o modelo 4C/ID sugere deve ser composto com a adição de exemplos no contexto das tarefas de aprendizagem. Segundo Melli e Neto (2010) esta é uma abordagem dedutivo-expositiva, onde as generalidades (informações de exibição) são apresentadas simultaneamente com os exemplos (demonstrações e instâncias), os quais são parte da mesma tarefa de aprendizagem. (p. 83).

Neste experimento os alunos tiveram acesso as Demonstrações e Instâncias por meio do recurso multimédia de um vídeo explicativo, demonstrando o uso da estrutura de dados Listas ou Função Recursiva em Python, conforme o caso, com o uso do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês *Integrated Development Environment* - IDE) Eclipse Neon.2 (versão 4.6.2) da Eclipse Foundation (disponível em: <https://www.eclipse.org/ide/>)

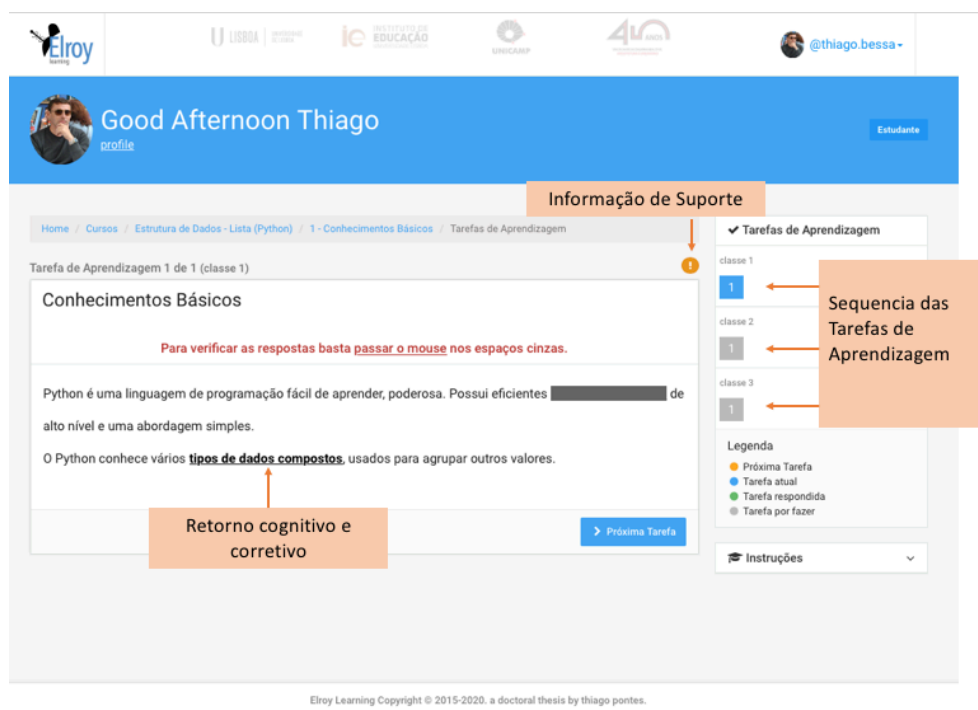


Figura 32. Captura de tela com tarefa de aprendizagem de auto completar

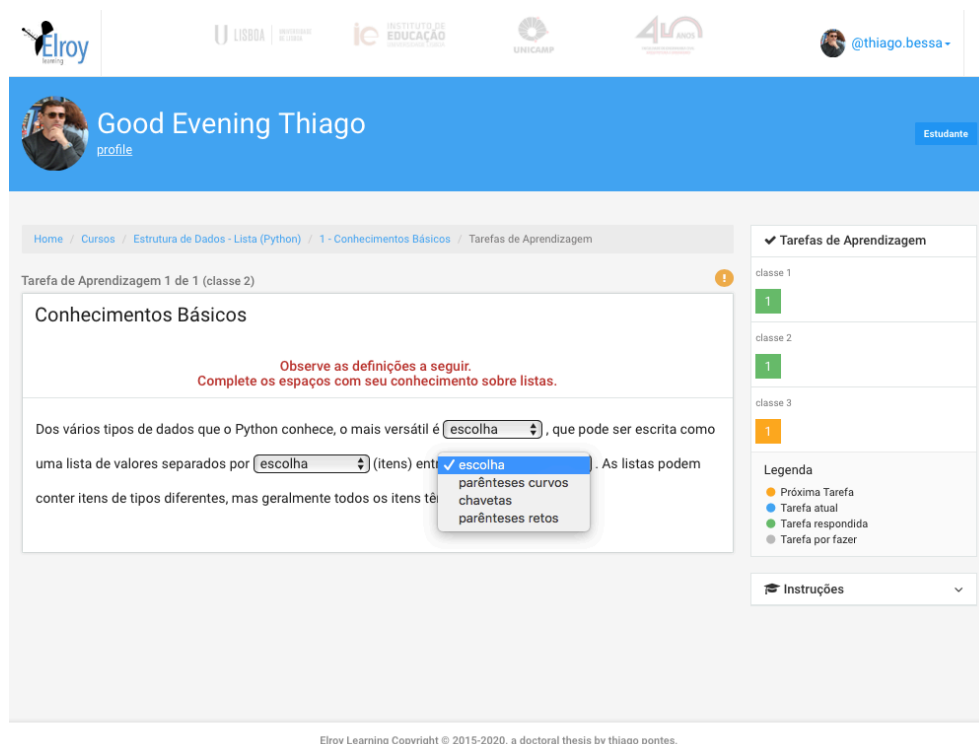


Figura 33. Captura de tela com tarefa de aprendizagem de múltipla escolha

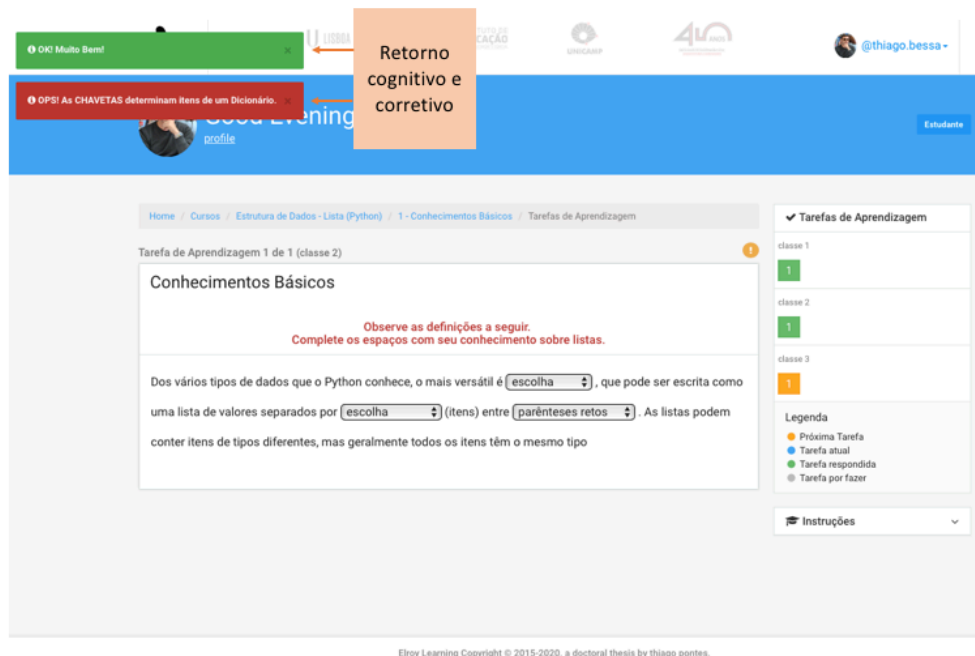


Figura 34. Captura de tela com tarefa de aprendizagem de múltipla escolha com feedback

A segunda lição também composta por 3 classes de tarefas com uma tarefa para as da classe 1 (T1), duas tarefas para a classe 2 (T2-T3) e três tarefas para a classe 3 (T4-T6)

ilustrado na Figura 35. Foram abordados conteúdos de operações com Listas ou Funções Recursivas em Python, conforme o caso.

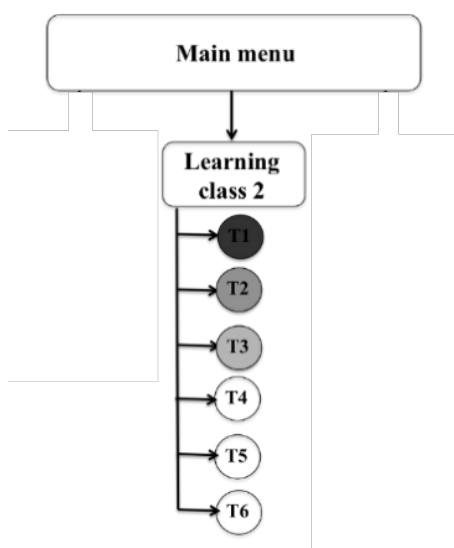


Figura 35. Estrutura das classes de tarefas II propostas por Melo e Miranda (2015)

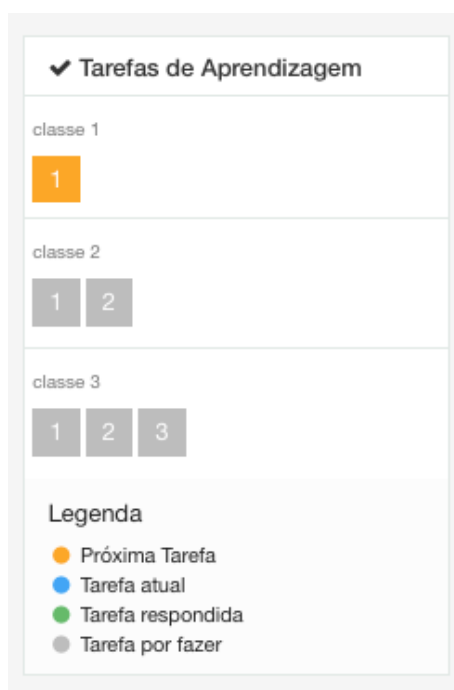


Figura 36. Detalhamento das Tarefas de Aprendizagem das classes de tarefa II

A terceira lição também composta por 3 classes de tarefas com uma tarefa para as tarefas da classe 1 (T1), uma tarefa para a classe 2 (T2) e catorze tarefas para a classe 3 (T3-T16) ilustrado na Figura 37. Foram abordados conteúdos de representações abstratas com o

uso de Listas (ver Figura 39) ou representações gráficas com Funções Recursivas (ver Figura 40) em Python, conforme o caso.

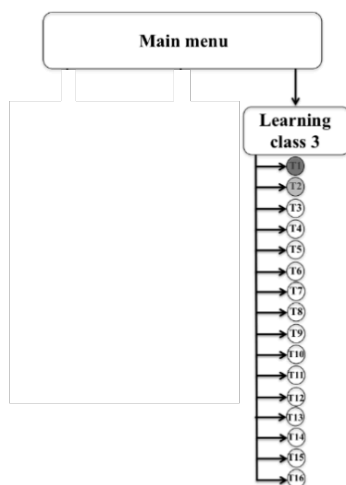


Figura 37. Estrutura das classes de tarefas III propostas por Melo e Miranda (2015)

✓ Tarefas de Aprendizagem

classe 1

1

classe 2

1

classe 3

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14

Legenda

- Próxima Tarefa
- Tarefa atual
- Tarefa respondida
- Tarefa por fazer

Figura 38. Detalhamento das Tarefas de Aprendizagem das classes de tarefa III

The screenshot shows the Elroy Learning web application. At the top, there's a navigation bar with logos for U LISBOA, IC INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, UNICAMP, and 40 ANOS. The user profile 'Good Evening Thiago' is logged in as 'Estudante'. The breadcrumb trail is 'Home / Cursos / Estrutura de Dados - Lista (Python) / Instruções'. The main heading is '3 Listas - Representações Abstratas'. Below it, the section 'Informação de Suporte' explains that lists are useful for representing abstract geometric entities. It includes a diagram of a 3D triangular grid (treliza) and a 2D representation. The right sidebar shows 'Tarefas de Aprendizagem' with a progress indicator for 'classe 1' (1/14 tasks completed).

Home / Cursos / Estrutura de Dados - Lista (Python) / Instruções

3 Listas - Representações Abstratas

Informação de Suporte

A listas são particularmente úteis para a representação de entidades **geométricas abstratas**, i.e., entidades para as quais apenas nos interessa saber algumas propriedades como, por exemplo, a sua posição. Para isso, podemos usar **uma lista de posições**, i.e., uma lista cujos elementos são o resultado de invocações dos construtores de coordenadas.

Imaginemos, a título de exemplo, que pretendemos representar uma treliza.

O passo fundamental para o desenho de trelizas é a construção dos elementos triangulares fundamentais. Embora frequentemente se considerem apenas trelizas bi-dimensionais (também chamadas trelizas planas), iremos tratar o caso geral de uma treliza tri-dimensional comporta por semiocetaedros. Esta forma de treliza denomina-se de **space frame**, cada semiocetaedro é denominado **módulo**.

Elroy Learning Copyright © 2015-2020. a doctoral thesis by thiago pontes.

Figura 39. Captura de tela da tarefa de representações abstratas com o uso de Listas

The screenshot shows the Elroy Learning web application. At the top, there's a navigation bar with logos for U LISBOA, IC INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, UNICAMP, and 40 ANOS. The user profile 'Good Evening Thiago' is logged in as 'Estudante'. The breadcrumb trail is 'Home / Cursos / Funções Recursivas (Python) / Instruções'. The main heading is '3 Representações Gráficas'. Below it, the section 'Informação de Suporte' explains that the Great Pyramid of Giza was built by Imhotep. It includes a photograph of the pyramid and a diagram showing its stepped structure. The right sidebar shows 'Tarefas de Aprendizagem' with a progress indicator for 'classe 1' (1/14 tasks completed).

Home / Cursos / Funções Recursivas (Python) / Instruções

3 Representações Gráficas

Informação de Suporte

A pirâmide de Saqqara construída pelo arquiteto Imhotep durante o século XXVII a.C. é considerada a primeira pirâmide do Egito e a mais antiga construção monumental em pedra do mundo, usando composta por seis mastabas progressivamente menores, empilhadas umas sobre as outras.

Uma outra forma de vermos esta pirâmide de degraus é como uma mastaba em cima da qual assenta outra pirâmide de degraus menores.

Elroy Learning Copyright © 2015-2020. a doctoral thesis by thiago pontes.

Figura 40. Captura de tela da tarefa de representações gráficas com Funções Recursivas

As tarefas de classe 3 de todas as lições e cursos, são propostas a que o aprendiz faça uma análise de um script de acordo com as instruções recebidas. A Figura 41 apresenta a captura da tela em que são exibidas tal proposta, como também o feedback cognitivo e corretivo.

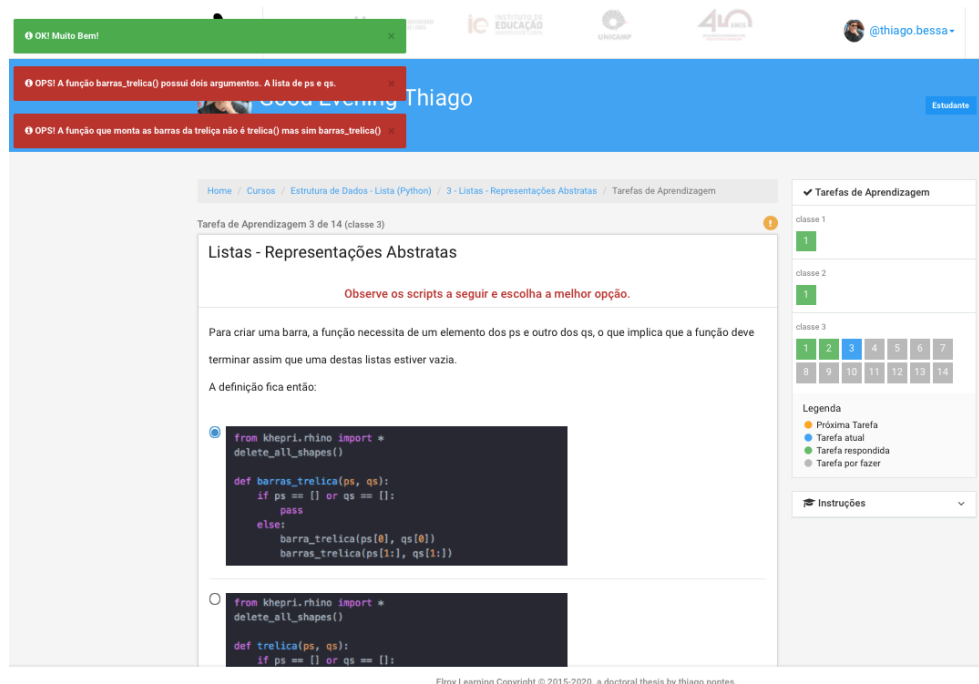


Figura 41. Captura de tela com tarefa de aprendizagem de análise de script com feedback

A qualquer momento que o aluno aceda ao ambiente instrutivo ou caso tenha navegado para a página inicial, o ambiente indica para o aluno em qual tarefa de aprendizagem o aluno deve retomar o aprendizado ilustrado na captura de tela representado na Figura 42 a seguir.

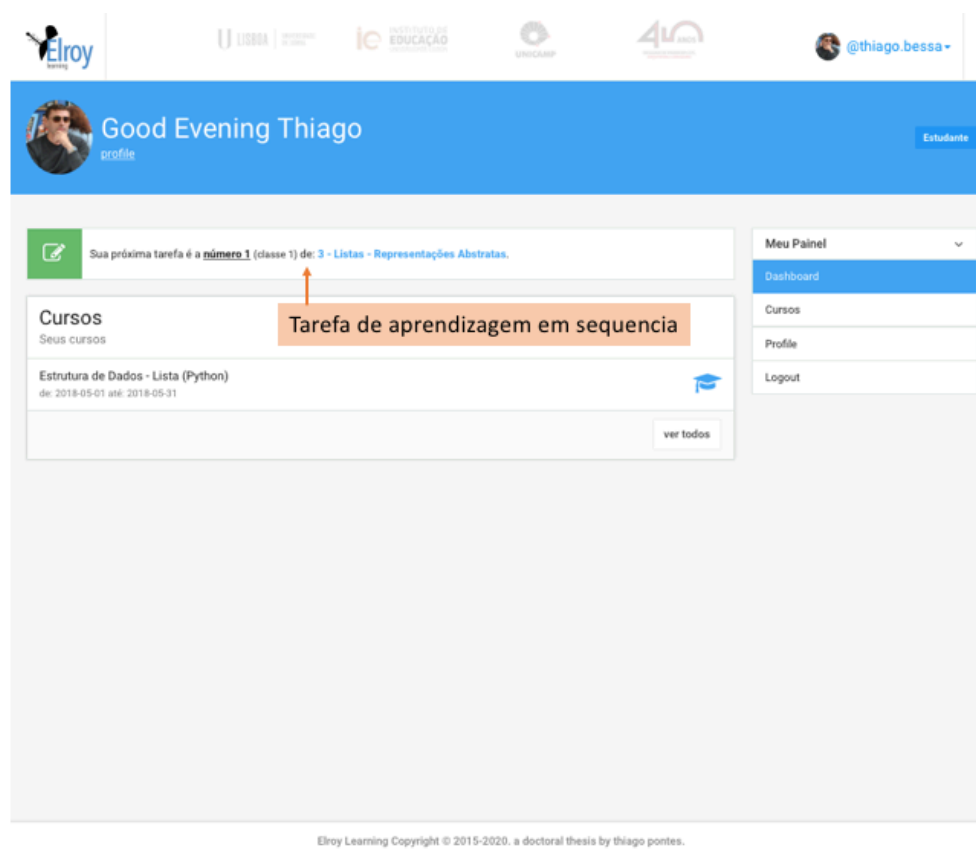


Figura 42. Captura de tela indicando a tarefa de aprendizagem em sequência

Ao fim da realização de todas as tarefas de aprendizagem, o aluno é conduzido a página inicial do ambiente em que lhe retorna uma mensagem de conclusão das tarefas, e o preenchimento dos inquéritos, pós testes, de Motivação de Realização e a Escala de Autoaprendizagem. (Figura 43).

The screenshot displays the Elroy Learning dashboard for a user named Thiago Bessa. The top navigation bar includes logos for UFFBRA, IC, UNICAMP, and a 40th anniversary logo. The user's profile is shown as 'Good Evening Thiago' with a 'profile' link and a 'Estudante' (Student) button. A blue box highlights the message 'Mensagem de conclusão das tarefas' (Task completion message). Below this, a yellow box contains the text 'PARABÉNS! Você realizou todas as tarefas. Obrigado pela participação.' (Congratulations! You completed all tasks. Thank you for participation.). Two purple boxes with pencil icons prompt the user to fill out questionnaires: 'Questionário de Motivação de Realização' and 'Escala de AutoAprendizagem'. A blue box labeled 'Questionários pós teste' (Post-test questionnaires) points to these two items. The 'Cursos' (Courses) section lists 'Estrutura de Dados - Lista (Python)' with a 'ver todos' (view all) button. The footer contains the copyright notice: 'Elroy Learning Copyright © 2015-2020. a doctoral thesis by thiago pontes.'

Figura 43. Captura de tela após conclusão das tarefas de aprendizagem

Capítulo 3

Metodologia do Experimento

Neste terceiro capítulo expomos a metodologia científica adotada neste experimento. Apresentamos o problema em estudo, as questões e as hipóteses de investigação, bem como as opções metodológicas e o design da investigação.

Analizamos os dados coletados da caracterização da amostra deste estudo, e descrevemos as competências tecnológicas dos sujeitos.

Os instrumentos utilizados na coleta dos dados são explicados.

Começamos com a Escala de Motivação de Realização que teve um cuidado especial, pois foi a escala a que tivemos de fazer todo o trabalho de tradução, validação e testagem antes de aplicá-la à nossa amostra. Determinámos as características psicométricas, a saber, sensibilidade, análise fatorial e fiabilidade, o que nos garantiu uma aplicação válida e fiável à nossa amostra.

Seguidamente descrevemos a Escala de Autoaprendizagem e os seus cinco domínios e depois o Guião da Entrevista Semiestruturada feita ao professor da disciplina. A entrevista foi segmentada em quatro blocos.

Por fim apresenta-se a Escala de Esforço Mental, também já validada e testada para amostras em língua portuguesa. Esta foi aplicada para perceber o esforço mental investido pelos alunos em tarefas de aquisição e transferência de conhecimentos.

Problema, Questões e Hipóteses de Investigação

O problema em estudo pretendeu compreender as dificuldades da aprendizagem da programação informática em linguagens Python, destinada a arquitetos, e como o modelo de design instrucional 4C/ID pode apoiar a superar algumas dessas dificuldades.

Com este estudo pretendeu-se:

1. Desenvolver um ambiente instrutivo online capaz de possibilitar a criação de tarefas de aprendizagem com base no modelo 4C/ID;
2. Implementar o ambiente criado junto de duas turmas de arquitetura. Uma na FEC/UNICAMP em Brasil e outra no IST/ULISBOA em Lisboa;
3. Avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem na motivação de realização com base na Teoria da Motivação de Realização;
4. Avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem na aprendizagem autodirigida na amostra em estudo; e
5. Avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem no esforço mental percebido e na aquisição e transferência de conhecimentos de programação.

Os constructos desse estudo são:

- **Motivação de Realização:** A motivação de realização é um modelo teórico pretendido “para explicar como o motivo para alcançar o sucesso e o motivo para evitar o fracasso influenciam o comportamento em uma situação onde o desempenho é avaliado tendo em vista alcançar um padrão de excelência.” (Atkinson, 1957, p. 371)
- **Aprendizagem autodirigida:** É para Moreira, Nejmeddine e Almeida (2014) a capacidade humana de aprender por si mesmo, tratando-se de uma capacidade básica e um requisito essencial. Para Santos, Rurato e Farias (2000) empenhar-se na aprendizagem autodirigida é despertar em si mesmo as capacidades de autossuficiência, de autorresponsabilidade, de autoconfiança na capacidade de atingir objetivos e de participação ativa nos vários contextos.
- **Esforço Mental Percebido:** Paas (1992) entende que o esforço mental deve ser considerado como um índice de carga de trabalho empregado na realização de

uma atividade. Paas e van Merriënboer (1993) definem o esforço mental como a quantidade total de processamento cognitivo controlado em que um indivíduo está envolvido. As medidas de esforço mental podem fornecer informações sobre os custos cognitivos de aprendizado, desempenho ou ambos. (p. 738).

- **Os Conhecimentos de Programação** (e a capacidade para transferir estes conhecimentos para tarefas similares) não podem ser considerados um construto. Mas como foi um domínio avaliado nesta investigação, para saber se o ambiente de aprendizagem desenvolvido com base no modelo 4C/ID tinha efeitos na aprendizagem deste domínio disciplinar, resolvemos avaliar conhecimentos que fossem base para o desenvolvimento do aluno para a componente curricular de programação de computadores, assim, os conhecimentos de Listas e Funções atenderam a esta necessidade.

Para alcançar os objetivos formulados e responder ao problema de investigação optou-se por uma metodologia de investigação de natureza predominantemente quantitativa, com um design quase-experimental, recorrendo a grupos de controlo e grupos experimentais dentro de uma mesma turma em amostras portuguesas e brasileiras, do curso de Licenciatura em Arquitetura, durante o ano letivo 2017/2018 no Instituto Superior Técnico (IST) de Lisboa, e uma turma de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Com esta metodologia trabalhámos as variáveis em presença: o fator experimental é a Variável Independente (VI) que tem a ver com os métodos de ensino e que assume dois valores: aplicação do modelo 4C/ID no ensino e aprendizagem de programação informática com a linguagem textual, comparado com o uso do método convencional. A Variável Dependente (VD) são os resultados dos métodos em estudo sobre: (i) os conhecimentos adquiridos pelos alunos, (ii) a motivação de realização (*achievement motivation*), (iii) a

aprendizagem autodirigida; (iv) o esforço mental (v) e a transferência do conhecimento de programação informática para tarefas similares.

Formulamos as seguintes hipóteses conceptuais:

Hipótese Conceptual 1: Há uma relação entre os métodos de ensino e a motivação de realização dos alunos.

Hipótese Conceptual 2: Há uma relação entre os métodos de ensino e a aprendizagem autodirigida dos alunos.

Hipótese Conceptual 3: Há uma relação entre os métodos de ensino e a percepção de esforço mental dos alunos.

Hipótese Conceptual 4: Há uma relação entre os métodos de ensino e a aquisição de conhecimentos de programação dos alunos.

Hipótese Conceptual 5: Há uma relação entre os métodos de ensino e a capacidade de transferir conhecimentos de programação para outras tarefas de aprendizagem similares.

Definidas as hipóteses conceptuais passámos a operacionalizar os constructos/conceitos nelas contidos e formulámos as seguintes hipóteses operativas:

H₁: Existe uma mudança na percepção da motivação de realização dos sujeitos durante o experimento (pré-teste e pós-teste), quando medida pela Escala de Motivação de Realização por nós seleccionada e validada, apelidada de “Escala de Motivação de Realização – EMR”.

H₂: Existe uma mudança na percepção do conceito de aprendizagem autodirigida dos sujeitos durante o experimento (pré-teste e pós-teste), quando medidos pela Escala de Aprendizagem Autodirigida por nós seleccionada, designada por “Escala de Autoaprendizagem – EAA”.

H₃: Existe uma mudança na percepção do esforço mental dos alunos de acordo com os testes de Aquisição e Transferência de conhecimentos, quer estejam no grupo de controlo ou

experimental, e a Escala de Esforço Mental por nós designada por “Escala de Esforço Mental - EEM”.

H₄: Os alunos que usaram o modelo instrutivo 4C/ID para aprender a programar vão ter resultados mais positivos do que os alunos ensinados pelo método convencional no teste de Aquisição de Conhecimentos utilizado, e que constou de um exame com três perguntas, classificado numa escala de 0-20 valores. As estruturas dos testes, nos grupos experimentais e de controlo, são similares, onde a primeira e a segunda pergunta tratam do entendimento da sintaxe e da semântica do conteúdo programático avaliado, e a terceira pergunta foi uma aplicação técnica e específica para o uso da programação na arquitectura (Apêndices J e L).

H₅: Existe uma relação entre os resultados obtidos na transferência de conhecimento e o modelo instrucional aplicado, medidos pelos testes de Transferência de Conhecimento aplicado, classificado numa escala de 0-20 valores, que para o conteúdo de Funções constou de um exame com duas perguntas, onde a primeira questão era conceptual, e a segunda uma aplicação técnica e específica para o uso da programação na arquitectura. Para o conteúdo de Listas o teste constou de uma única pergunta de uma aplicação técnica e específica para o uso da programação na arquitectura (Apêndices K e M).

Para testar estas hipóteses utilizámos uma metodologia experimental, com um design quase-experimental, e exposição do processo que passamos a descrever.

Desenho da Investigação

Esta investigação desenhou-se a partir da metodologia indicada por Gil (2010), como pode ser visto na Figura 44. A etapa de “Observação da Prática Docente” foi adicionada atendendo às necessidades de observar a metodologia abordada pelo titular da disciplina.

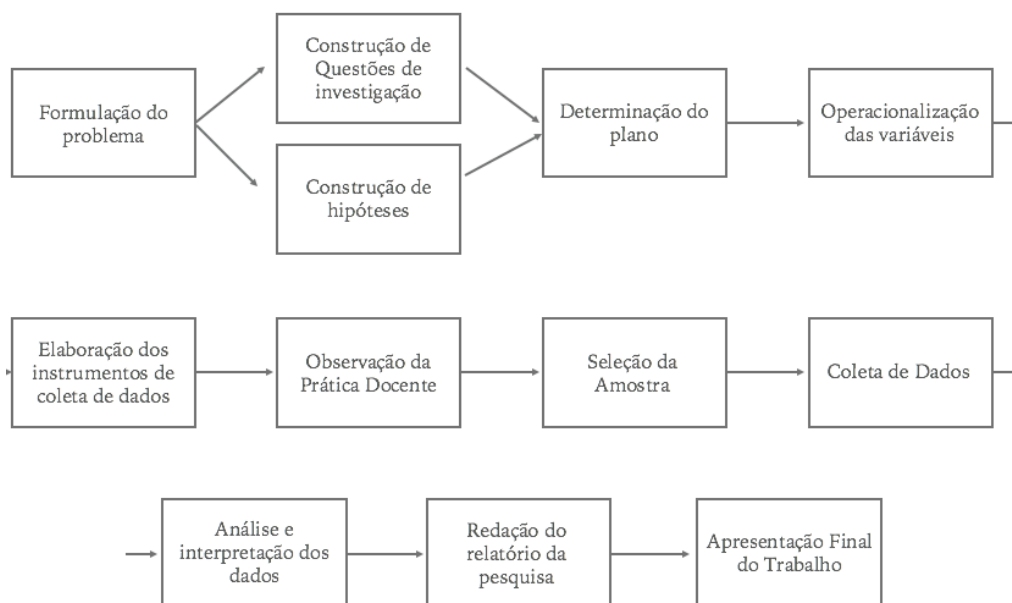


Figura 44. Diagrama de pesquisa adaptado (Fonte: Gil, 2010)

Alcançar os objetivos do estudo e responder às questões de investigação como planeado pelo investigador, de forma que ele saiba o que fazer, quando e como fazer, deve ser descrito de forma clara e exequível dentro de um plano de investigação que está para o investigador como um guião de suas ações. (Sampieri, Collado & Lucio, 2006; Fortin, 2009).

Fortin (2009), compara o desenho da investigação com uma estrutura que, para se pôr de pé, deve ser delineada com precisão e possui uma importância primordial para a investigação. (p. 214).

A metodologia de investigação escolhida é de natureza predominantemente quantitativa, com um design quase-experimental. Segundo Tuckman (2012) os designs quase-experimentais aplicam-se às situações em que as condições não permitem aplicar um design experimental propriamente dito, sendo uma opção válida em educação para enfrentar algumas das condições impostas pelo mundo real. Contudo, permitem obter um controlo substancialmente melhor das ameaças à validade do que os designs pré-experimentais. (p. 316).

O design quase-experimental remete a dois grupos, o grupo experimental e o de controlo (Tuckman 2012, p. 316), em que as dimensões e características devem-se aproximar ao máximo. Os dados obtidos no pré-teste devem ser analisados estatisticamente, de modo a conferir que os dois grupos são equivalentes em todas ou quase todas as dimensões analisadas, para assegurar que não há disparidades entre resultados obtidos nas principais variáveis em estudo.

As intervenções aconteceram no Brasil, cidade de Campinas, e em Portugal na cidade de Lisboa, em que todos os sujeitos foram submetidos ao mesmo tratamento.

Em cada local de experimentação, tanto no IST/ULISBOA como na FEC/UNICAMP, as turmas foram divididas em dois grupos definidos de maneira aleatória, em que o grupo “A” recebeu a formação do conteúdo programático “Funções Recursivas” com o método convencional e o grupo “B” com o método proposto baseado no modelo de design instrucional 4C/ID. Num segundo momento o conteúdo de “Listas” foi aplicado ao grupo “B” com o método convencional e ao grupo “A” com o método ao modelo 4C/ID, para evitar efeitos ‘parasitas’ do tratamento experimental. A Figura 45 desenha com clareza essas ações.

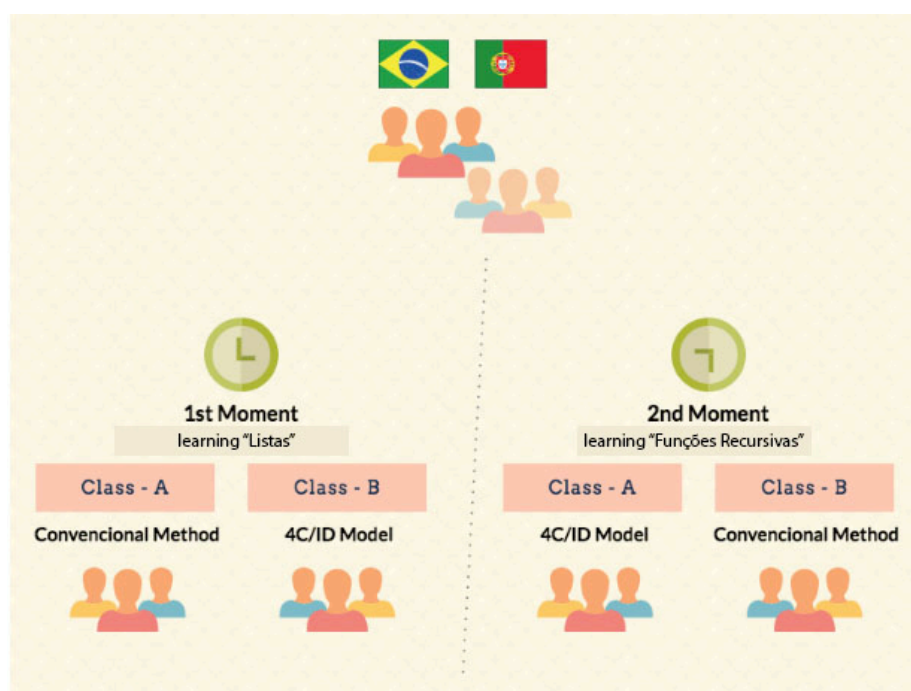


Figura 45. Infográfico com os procedimentos experimentais adotados

A fim de controlar algumas das ameaças à validade da experimentação, foi utilizada a técnica de aleatorização de situações a dar aos participantes do grupo experimental e do grupo de controlo. Além de a amostra ser bem delimitada, alunos do ano letivo 2017/2018 (IST/ULISBOA) e dos alunos do curso de inverno de 2017.1 (FEC/UNICAMP).

O design quase-experimental que melhor atendeu às expectativas nesse experimento, foi o design por processo de combinação, por ser um design que permite ser aplicado a meio de um processo de formação, e não apenas no início dele. (Tuckman, 2012, p. 336)

Tuckman (2012) diz que: “os grupos recebem, assim, o tratamento de forma sequencial, sendo então, comparados os seus resultados, ou seja, o resultado pré-teste do segundo grupo é comparado com o seu próprio resultado no pós-teste e com o resultado do pós-teste do primeiro grupo.” (p. 337). A Figura 46 detalha o design por processo de combinação como proposto por Tuckman (2012) adaptado para esse estudo.

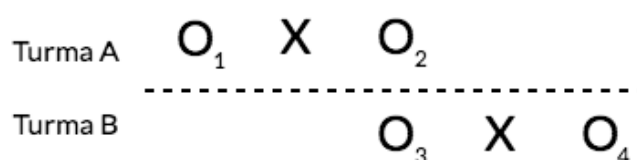


Figura 46. Design por processo de combinação

No pré-teste e no pós-teste foram mensurados a autoaprendizagem e a motivação de realização. No decorrer do experimento foi também avaliado o esforço mental dos sujeitos após serem submetidos às instruções, quer seja pelo método convencional ou pelo modelo 4C/ID, conforme se pode observar na Figura 47.

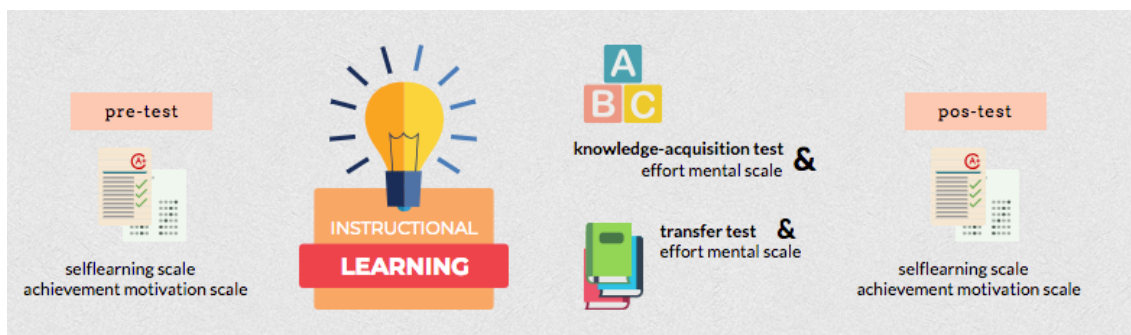


Figura 47. Design da investigação ao longo do experimento

Amostra

Recorreu-se a grupos de controlo e grupos experimentais dentro de uma mesma turma em amostras portuguesas e brasileiras, que foram do curso de Licenciatura em Arquitetura, durante o ano letivo 2017/2018 no Instituto Superior Técnico (IST) da Universidade de Lisboa, e uma turma de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC/UNICAMP).

Como todos os alunos da amostra foram expostos a situação de aprendizagem com o modelo proposto de ensino da programação informática em Python, com apoio ao modelo de design instrucional 4C/ID, controla-se dessa forma possíveis efeitos reativos, como o Efeito *Hawthorne*.

A amostra total deste estudo é composta por 64 sujeitos divididos em 19 no primeiro estudo com a amostra brasileira, e 45 no segundo estudo na amostra portuguesa. O Quadro 13 apresenta esses dados.

Quadro 13

País de coleta de dados

	Frequência	Percentagem	Percentagem Válida	Percentagem Acumulada
--	------------	-------------	-----------------------	--------------------------

Válidos	Portugal	45	70,3	70,3	70,3
	Brasil	19	29,7	29,7	100,00
	Total	64	100,00		

A amostragem por conveniência adotada neste estudo é uma amostra não probabilística, pelo fato da amostra não ter sido escolhida ao acaso, porém selecionados pelos critérios da disponibilidade e composta por indivíduos de fácil acesso. (Fortin, 2009). Ficou constituída pelos alunos regularmente inscritos nas unidades curriculares, quer seja na amostra brasileira quer na portuguesa, sujeitos adultos, de ambos os géneros conforme Quadro 14 e Quadro 15.

Quadro 14

Apresentação dos sujeitos por género

		Frequência	Percentagem	Percentagem Válida	Percentagem Acumulada
Válidos	Mulheres	45	64,1	64,1	64,1
	Homens	23	35,9	35,9	100,00
	Total	64	100,00		

Quadro 15

Apresentação dos sujeitos por idade

		Frequência	Percentagem	Percentagem Válida	Percentagem Acumulada
Válidos	Menos de 20 anos	5	7,8	7,8	7,8
	De 20 a 30 anos	50	78,1	78,1	85,9
	De 31 a 40 anos	7	10,9	10,9	96,9
	De 41 a 50 anos	2	3,1	3,1	100,00
	Total	64	100,00		

Ressalta-se que a amostra deste estudo é um subconjunto da população estudantil das Faculdades em estudo, e que os resultados e conclusões aqui propostos se aplicam a esta

amostra, não podendo ser alargado para o entendimento do universo como um todo. (Hill & Hill, 2005). Embora se viessem a comprovar as hipóteses formuladas o estudo adquira validade interna. A validade externa só ficaria garantida se nos tivesse sido possível ter trabalhado com uma amostragem probabilística. Deste modo não nos é possível generalizar os resultados, embora quem ler este estudo o possa replicar em outras amostras e, caso se venham a obter resultados idênticos, o poder explicativo deste estudo ganhe mais valor.

Conforme relatado anteriormente, da amostra total de 64 sujeitos, 64,1% (41) eram do género feminino e 35,9% (23) masculino, com maior incidência de sujeitos no grupo etário de 20 a 30 anos com 78,1%, e solteiros com 85,9%, como seria de esperar numa amostra desta natureza e se pode observar no Quadro 16.

Quadro 16

Distribuição dos sujeitos por estado civil

		Frequência	Percentagem	Percentagem Válida	Percentagem Acumulada
Válidos	Casado	3	4,7	4,7	4,7
	Solteiro	55	85,9	85,9	90,6
	União de facto	6	9,4	9,4	100,0
Total		64	100,00		

Competências Tecnológicas dos Sujeitos da Amostra⁹

Para um claro entendimento da composição da amostra em estudo, pensámos que seria importante averiguar a perceção da competência tecnológica dos sujeitos no uso das TIC como, por exemplo, o uso do computador e da internet no dia-a-dia, a participação em cursos online, o estudo de linguagem textual de programação de computador, e a motivação para

⁹ Os resultados desta caracterização associados a uma revisão da literatura deram origem ao artigo indexado na base de dados Scopus: Pontes, T. B., Miranda, G. L., & Celani, M. C. (2018). Algorithm-Aided Design with Python: Analysis of Technological Competence of Subjects. *Education Sciences*, 8(4), 200; <https://doi.org/10.3390/educsci8040200>

estudar programação. Os sujeitos responderam a um breve questionário antes da experiência se realizar (ver Apêndice A).

Ao inquirir-se acerca do uso do computador no dia-a-dia apenas 1 sujeito alegou não usar, e dos 63 restantes 85,9% classificaram o uso como “uso bastante”. Na questão do uso diário da internet todos os sujeitos concordaram com esse uso, e o local do uso variou entre: em casa, no trabalho, em locais públicos e na faculdade, ilustrado no Quadro 17 e Quadro 18.

Quadro 17

Locais de uso da internet ^a

		Frequência	Percentagem	Percentagem dos casos
Válidos	Em casa	63	34,2%	98,4%
	No trabalho	26	14,1%	40,6%
	Em locais públicos	36	19,6%	56,3%
	Na faculdade	59	32,1%	92,2%
	Total	184	100,00	287,5%

a. Grupo

Quadro 18

Fins de uso da internet ^a

		Frequência	Percentagem	Percentagem dos casos
Válidos	Diversão	58	36,9%	92,1%
	Estudo	60	38,2%	95,2%
	Trabalho	39	24,8%	61,9%
	Total	157	100,00	249,2%

a. Grupo

Na questão de tempo diário de uso da internet, 30% alegaram usar ‘até 2 horas’, seguido de 28% que disseram usar ‘mais de 4 horas’ e com ‘até 4 horas diárias’ 28% dos 64 sujeitos. Os demais tempos de uso pode ser visto em conjunto na Figura 48.

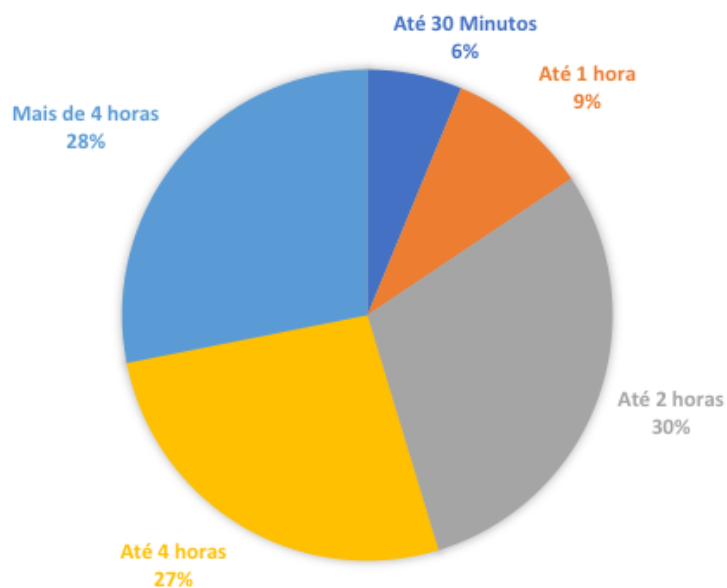


Figura 48. Tempo diário de uso da internet

Partindo para questões que abordam habilidades mais específicas no uso das TIC, na questão que os inquiria sob a ótica de uma autoavaliação em conhecimentos de informática, 47 sujeitos (73,3%) alegaram possuir conhecimentos suficientes para suas necessidades, 9 (14,1%) com muito conhecimento e 8 (12,5%) alegaram dificuldades em usar os recursos informáticos, vide Quadro 19.

Quadro 19

Autoavaliação dos conhecimentos em informática (versão brasileira)

		Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulada
Válidos	Tenho dificuldades em usar os recursos informáticos	8	12,5	12,5	12,5
	Me considero um usuário com conhecimentos suficientes para as minhas necessidades	47	73,4	73,4	85,9
	Me considero um usuário com muito conhecimento	9	14,1	14,1	100,0
Total		64	100,00	100,00	

Dado que este experimento utilizou um ambiente instrutivo online, perceber a relação dos sujeitos com plataformas de aprendizagem, pareceu-nos satisfatório levantar esses dados, e dos 21 sujeitos que tiveram contato com instrução online, 16 deles (76,2%) alegaram que o método é produtivo e que aprenderam com facilidade, porém 4 sujeitos alegaram que a experiência foi pouco produtiva, pois sentiram dificuldades em estudar por essa modalidade e apenas 1 sujeito considerou improdutivo e que não é um método ideal para aprender. Não é escopo desse estudo compreender ou analisar a qualidade dos ambientes online de aprendizagem, nem de seus recursos.

Para compreender a relação dos sujeitos com o estudo de programação informática em linguagem textual, questionou-se quem já havia estudado programação de computadores com este tipo de linguagem (TPL), no qual 51,6% alegaram já ter tido contato com esse tipo de programação frente a 48,4% que disseram que não.

Decidiu-se questionar aos que tiveram contato com TPL uma autoavaliação de seus conhecimentos no qual 12 (36,4%) alegaram criar códigos com muito esforço, 10 (30,3%) criar códigos com esforço, 8 deles (24,2%) alegaram que tinham grandes dificuldades frente a 3 (9,1%) que referiram não possuir grandes dificuldades em criar seus códigos, como ilustra o Quadro 20.

Quadro 20

Autoavaliação em linguagem de programação

		Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulada
Válidos	Não tenho grandes dificuldades para criar códigos	3	4,7	9,1	9,1
	Costumo criar códigos com esforço	10	15,6	30,3	39,4
	Costumo criar códigos com muito esforço	12	18,8	36,4	75,8
	Tenho grandes dificuldades para criar códigos	8	12,5	24,2	100,0
	Total	33	51,6	100,0	
Missing	0	31	48,5		
Total		64	100,00		

No que diz respeito aos desafios de se aprender a linguagem de programação textual, 45,5% dos sujeitos alegaram que compreender tanto a matemática envolvida na solução dos problemas, como compreender as regras da linguagem é o maior desafio, seguido de 36,4% que alegaram que as regras da linguagem eram o maior desafio, pois a matemática é compreensível e 18,2% disseram que compreender a matemática envolvida na solução dos problemas foi o maior desafio, visto que as regras da linguagem eram compreensíveis (ver Quadro 21).

Quadro 21

Desafios de aprender linguagem textual de programação

		Frequência	Percent.	Percent. válida	Percent. acumulada
Válidos	Compreender a linguagem em estudo, pois a matemática é compreensível	12	18,8	36,4	36,4
	Compreender a matemática envolvida na solução dos problemas, pois as	6	9,4	18,2	54,5

		regras da linguagem são compreensíveis			
		Compreender tanto a matemática envolvida na solução dos problemas, como as regras da linguagem em estudo	15	23,4	45,5
		Total	33	51,6	100,0
Missing	0		31	48,5	
Total			64	100,00	

Por fim, para perceber como os sujeitos do estudo se sentiam ou não motivados para aprender a programar, questionou-se se: “Você se sente motivado para estudar programação de computadores?”. Os resultados apresentados no Quadro 22 ilustram que em sua maioria, ou seja, 51,6% alegaram se sentir motivados, 31,3% muito motivados e 17,2% pouco motivados.

Quadro 22

Motivação para estudar programação de computadores

		Frequência	Percentagem	Percentagem válida	Percentagem acumulada
Válidos	Pouco motivado	11	17,2	17,2	17,2
	Motivado	33	51,6	51,6	68,8
	Muito motivado	20	31,3	31,3	100,0
	Total	64	100,00	100,00	

Dado que a grande maioria dos sujeitos (90,9%) alegaram apresentar uma dificuldade em criar códigos, e que os desafios desta prática estão associados a compreender tanto a matemática envolvida na solução dos problemas, como também em compreender as regras da linguagem em estudo, e sobretudo que 82,9% disseram possuir motivação para adquirir essa competência, compreendemos que para atender a necessidade destes sujeitos no que diz às aprendizagens complexas (complex learning) envolvidas nesta investigação, conceber

ambientes de aprendizagem que tragam resultados significativos são importantes pois, segundo Melo e Miranda (2015):

“ao termo complex learning não se deve atribuir a conotação de complicada ou difícil, uma vez que estes conceitos envolvem executar tarefas com resolução difícil, enquanto o conceito complexo, no contexto da aprendizagem, refere-se à integração de conhecimentos, habilidades e atitudes adquiridas (e novas) sobre uma determinada área de estudo (por exemplo, ciências, tecnologia da informação, direito, etc.)”. (p. 1).

O modelo 4C/ID foi precisamente desenvolvido para melhorar a aquisição de conhecimentos, competências e atitudes implicados nas aprendizagens complexas.

Instrumentos de Recolha de Dados

Os instrumentos de recolha de dados fazem a passagem do modelo conceptual para o modelo operativo, quer dizer, empiricamente testável. Ou, dito de outro modo, fazem a passagem das variáveis latentes às variáveis observáveis. Para operacionalizar os constructos/conceitos presentes neste estudo utilizámos os seguintes instrumentos:

- Escala de Autoaprendizagem de Santos e Faria (2007) que avalia três dimensões: (i) “Aprendizagem ativa ou aceitação da responsabilidade pessoal pela aprendizagem”, (ii) “Iniciativa na aprendizagem e orientação para a experiência” e (iii) “Autonomia na aprendizagem”. Esta escala possui 24 itens que são distribuídos de forma não consecutiva e são respondidos por uma escala de tipo Likert de 6 pontos. Esta escala foi utilizada em dois momentos, no pré-teste e pós-teste, para então verificar se houve mudança de um momento para o outro, e ainda, verificar até que ponto esta variável condiciona os resultados. Os resultados desta escala serão usados, na análise estatística, como uma variável dependente e como uma co-variável, quer dizer, como uma variável que pode afetar os resultados, mas que não pode ser

eliminada, pois é uma característica dos alunos e funciona como uma variável moderadora; (Ver Apêndice F: Escala de Autoaprendizagem)

- Escala de Motivação de Realização de Muthee e Thomas (2009) baseada na Teoria de Motivação de Realização de Atkinson. Para se alcançar o sucesso na realização de uma dada tarefa, o aluno deverá tendencialmente manifestar interesse e empenho na tarefa, por sua vez, para evitar o fracasso a tendência expressa-se pela ansiedade e inibição, ocorrendo resultados negativos no comportamento. (Jesus, 2000, p. 527). Assim como a Escala de Autoaprendizagem, esta escala foi utilizada em dois momentos, no pré-teste e pós-teste, para então verificar se houve mudança de um momento para o outro, e ainda, verificar até que ponto esta variável condiciona os resultados. Esta escala possui 32 itens, 18 são redigidos de forma positiva e 14 de forma negativa. Os itens com formulação positiva e negativa estão dispostos aleatoriamente na escala final. Os resultados obtidos nesta escala funcionaram como variável dependente; (Ver Apêndice G: Escala de Motivação de Realização)
- Um guião de entrevista semiestruturada, aplicado ao professor antes (pré-teste) da intervenção; (Ver Apêndice I: Guião de Entrevista Semiestruturada)
- Escala de esforço mental (pós-teste), medido após a realização dos testes, utilizando uma *rating scale* de 9 pontos. (Paas et al., 2003); (Ver Apêndice H: Escala de Esforço Mental)
- Uma prova de avaliação de Aquisição de Conhecimentos e uma prova de Transferência de Conhecimentos. As provas de aquisição e transferência de conhecimento tiveram como objetivo avaliar a eficiência dos ambientes instrutivos nos quais os alunos participaram. Tal eficiência pode ser mensurada a partir dos resultados do esforço mental percecionado pelos alunos ao serem submetidos às avaliações, e o seu desempenho nas provas. Quer seja nas provas de aquisição

conhecimentos com questões diretamente ligadas aos conteúdos ensinados/aprendidos, quer nas provas de transferência de conhecimentos com conteúdos relacionados com os anteriormente ensinados/aprendidos. (ver provas em Apêndices J, K, L e M)

Passamos agora a explicar melhor em que consiste cada instrumento de recolha de dados aplicado.

Escala de Motivação de Realização¹⁰

A Escala de Motivação validada neste estudo baseia-se na conceção de motivação de realização. Conforme foi referido na Introdução foi desenvolvida por Muthee e Thomas (2011), para determinar os padrões motivacionais de estudantes do ensino secundário de escolas da cidade de Nairobi, tendo como objetivo o desenvolvimento de estratégias de intervenção eficazes para melhorar o desempenho dos alunos. Visou ainda sugerir mudanças nas políticas governamentais de educação, tendo em vista promover padrões motivacionais nos estudantes mais adequados a melhorar os seus desempenhos. O estudo original analisou aspetos que podem influenciar o desempenho como: o ambiente familiar, o estatuto socioeconómico da família, o clima da sala de aula, as habilidades cognitivas e a motivação de realização.

A Escala de Motivação de Realização foi originalmente desenvolvida em quatro etapas:

- a) **Conceptualização:** foi feita uma revisão da literatura teórica e empírica, dos testes disponíveis e consulta a psicólogos sobre motivação de realização; foram identificadas quatro dimensões:

¹⁰ O estudo de validação da escala para a nossa amostra deu origem ao artigo. Pontes, Thiago B., & Miranda, G. L. (2018). Validação em Língua Portuguesa da Escala de Motivação de Realização. *RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias da Informação*, 27(6), 109-125. SRJ, Computer Science, 2017 – Q3 – Impact Factor = 0.21 http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-98952018000200008

- I – Motivação de Realização (*Motivation for Achievement*): caracterizada pela competitividade e orientação para alcançar objetivos.
- II – Recursos Internos (*Inner Resources*): caracterizada pelo estilo descontraído, felicidade, paciência e autoconfiança.
- III – Forças Pessoais Internas (*Inter Personal Strengths*): caracterizada pela assertividade, diplomacia pessoal, extraversão e co-cooperatividade.
- IV – Hábitos de Trabalhos (*Work Habits*): caracterizada pelo planeamento e organização, iniciativas e espírito de equipa.

b) Geração e seleção dos itens: os itens foram desenvolvidos em forma de proposições, tendo o cuidado de incluir frases formuladas pela positiva e frases formuladas pela negativa. Para garantir a validade do conteúdo da escala, foi preparado um grande número de itens tendo como base as dimensões antes referidas, que resultou num número total de 80 itens. Após uma análise minuciosa, foram retirados itens repetitivos, sobrepostos e ambíguos, resultando uma lista de 50 itens. Essa nova lista encurtada passou por uma nova filtragem, resultando numa terceira versão com 40 itens, sendo 24 formulados pela positiva e 16 itens pela negativa. Para a inclusão dos melhores itens foi realizado um teste *t-student* a partir do método de Likert (Edwards, 1957), de modo a seleccionar os 25% superiores e inferiores da amostra. Os itens que produziram valores *t* estatisticamente significativos foram os primeiros 32 itens, variando entre 6,955 a 2,615, que produziram a escala final. Os demais oito foram retirados da escala. Entre os 32 itens retidos na escala final, 18 foram formulados pela positiva e 14 pela negativa. Os itens foram dispostos aleatoriamente na escala final. Os itens com formulação positiva são: 3, 4, 5, 6, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 23, 24, 26, 28, 29,

30, 31; e com formulação negativa são: 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 19, 21, 22, 25 e 27.

- c) Pontuação: as respostas aos itens foram registadas numa escala de cinco pontos de Likert, onde (5) representa que o respondente está “completamente de acordo” com a afirmação, (4) “quase sempre de acordo”, (3) “parcialmente de acordo”, (2) “quase sempre em desacordo” e (1) “completamente em desacordo”. Aquando da inserção dos itens na base de dados para realizar o tratamento estatístico de validação, nos itens formulados pela positiva mantivemos os valores da escala e nos itens formulados pela negativa tivemos a necessidade de inverter os valores (Marôco, 2014). As pontuações mais altas indicam níveis mais elevados de motivação de realização, e as pontuações mais baixas níveis mais baixos.
- d) Confiabilidade: na escala original apenas foi determinado o alfa de Cronbach, tendo em vista garantir a confiabilidade da escala. Obteve um valor de 0.749, que pode ser considerada uma boa consistência interna (Marôco, & Garcia-Marques, 2013).

Tradução e Testagem da Escala de Motivação de Realização

A utilização de provas para avaliar constructos psicológicos, como é o caso da motivação de realização, pressupõe que os instrumentos que vamos usar devem ser tratados com rigor e cientificidade. Negligenciar as ações de validação dessas provas pode pôr em causa a credibilidade da investigação, pois esta depende do controlo das variáveis que podem ameaçar a validade interna e externa dos planos de investigação (cf. Almeida & Freire, 2017; Cohen, Manion & Morrison, 2005, entre outros), onde o uso de instrumentos credíveis é essencial.

Após a autorização dada pelos autores, foi feita a tradução e retroversão, mantendo o enunciado de cada questão o mais próximo possível da versão original. A segunda etapa consistiu em testar esta primeira versão junto de 11 alunos, que foram entrevistados após a aplicação da escala. Realizou-se uma análise de conteúdo no qual foram feitas melhorias no que diz respeito à tradução para a língua portuguesa (versão de português de Portugal e versão de português do Brasil). Na terceira etapa foi aplicada a escala a uma amostra portuguesa e brasileira ($n = 204$) utilizando três índices para assegurar a credibilidade do instrumento: a sensibilidade dos itens, a validade fatorial e a fiabilidade pelo alfa de *Cronbach*.

Sensibilidade

A análise da sensibilidade dos itens permite verificar se a escala é sensível às respostas diferenciadas dos sujeitos que são estruturalmente diferentes no constructo que se está a medir. Dito de outro modo, verifica se os itens da escala permitem discriminar os sujeitos com padrões motivacionais diferentes. É realizada recorrendo a dois indicadores: a assimetria (skewness) e o achatamento (kurtosis) que, segundo Marôco (2014), tem valores aceitáveis quando variam entre -3 e +3 para o skewness e -7 e +7 para kurtosis. De acordo com nossa análise, os 32 itens que compõem a escala têm valores de assimetria e de achatamento aceitáveis, conforme se pode observar no Quadro 23. Por isso, nesta primeira fase de análise resolvemos não eliminar nenhum item.

Quadro 23

Sensibilidade dos itens da escala de Motivação de Realização

Variável	Skewness	Kurtosis
V1	-0.207	-0.682
V2	-0.486	-0.968
V3	0.182	-0.781
V4	-0.316	-0.627
V5	-0.932	0.412
V6	-0.23	-0.733
V7	0.027	-1.008
V8	-0.033	-1.072
V9	-0.006	-0.878
V10	-0.423	-0.903
V11	-0.193	-0.87
V12	-1.09	0.279
V13	-1.192	0.591
V14	-0.017	-0.665
V15	-0.097	-1.005
V16	-0.681	-0.041
V17	-0.842	0.138
V18	-0.178	-0.723
V19	-0.348	-0.827
V20	0.017	-1.126
V21	0.452	-0.458
V22	-0.14	-0.84
V23	0.287	-0.477
V24	0.097	-0.641
V25	-0.36	-0.532
V26	-1.181	0.95
V27	-0.831	-0.346
V28	-0.142	-0.547
V29	-1.21	1.073
V30	0.007	-0.942
V31	-0.468	-0.607
V32	-0.133	-0.951

Análise Fatorial

O indicador mais importante, quando se pretende determinar a credibilidade científica de um instrumento de medida que avalia um constructo psicológico, é a validade. Há vários tipos de validade (cf. Anastasi & Urbina, 1997), Moreira (2004), onde destacamos a validade de conteúdo e a validade de constructo.

A validade de conteúdo foi determinada pelo estudo original, e a de constructo deve ser sempre verificada em cada novo estudo que se realiza com amostras diferentes, para verificar se o instrumento se comporta de maneira idêntica. No estudo original, os autores Muthee e Thomas (2011), não realizaram ou, pelo menos, não divulgaram a análise fatorial. No entanto, pareceu-nos essencial determinar este índice de validade do constructo que se está a medir para verificar se, na amostra a que se aplica a escala, as respostas se organizam de acordo com o constructo teórico proposto.

A teoria prevê, como antes referimos, que o Constructo de Motivação de Realização que é avaliado por esta Escala é multidimensional, i.e., é composto por mais do que uma dimensão, neste caso por quatro dimensões: (i) Motivação de Realização, (ii) Recursos Internos; (iii) Forças Pessoais Internas; (iv) e Hábitos de Trabalho.

No estudo original os autores não discriminam os itens que fazem parte de cada dimensão. Por isso, resolvemos fazer uma análise ao conteúdo de cada item e integrar os diferentes itens em cada uma das quatro dimensões.

O resultado desta análise pode ser observado no Quadro 24, que cumpre com o critério assinalado por Marôco (2014), que refere que cada dimensão deve incluir no mínimo 3 itens.

Quadro 24

Relação dos itens por dimensão

Dimensão 1	Dimensão 2	Dimensão 3	Dimensão 4
3, 13, 14, 16, 17, 18, 24, 26, 28	1, 2, 7, 8, 9, 10, 15, 21, 22	12, 19, 25, 27, 30, 31, 32	4, 5, 6, 11, 20, 23, 29

Seguidamente realizámos uma Análise Fatorial Exploratória (AFE), com Rotação Varimax, com os 32 itens da escala, para verificar as comunalidades dos itens e se se organizavam nos quatro fatores/dimensões de acordo com a teoria.

A AFE deve obedecer a determinados pressupostos, quer dizer, só é aconselhável avançar com esta análise se o valor de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin Measure) for igual ou superiores a 0.70 e se o valor do Teste de Esfericidade de Bartlett (Bartlett's Test of Sphericity) for igual ou inferior a 0.001. No nosso caso estes valores foram cumpridos, conforme se pode ler no Quadro 25. (Kaiser, 1958).

Quadro 25

Teste de KMO e Bartlett's com 32 itens

KMO and Bartlett's Rest		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.767	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1877.637
	df	496
	Sig.	.000

Os resultados desta primeira AFE mostrou o contributo de cada item para a variância total explicada e os 10 fatores que representam 63% da variância total da escala. Resolvemos não aceitar esta análise pois havia uma grande dispersão dos 32 itens pelos 10 fatores, longe da proposta teórica original. Resolvemos forçar esta análise a n fatores até aos 4 propostos

pela teoria, mas com uma variância total explicada de apenas de 40%, o que não nos pareceu aceitável (cf. Moreira, 2004). Por isso tentamos novas abordagens tendo chegado a uma escala com apenas 21 itens dos 32 iniciais, que se organizaram em 5 fatores, que explicam quase 56% da variância total (55,688%), o que já nos pareceu aceitável para uma primeira AFE a esta escala, conforme se pode observar no Quadro 26 (pressupostos da AFE) e no Quadro 27 (AFE com Rotação Varimax aos 21 itens).

Esta escala de 21 itens foi obtida eliminando os itens que saturavam em dois fatores e com valores em ambos os casos próximos dos 50% e que já nos tinham suscitado dúvidas na sua inclusão num ou outro fator aquando da análise qualitativa (análise de conteúdo).

Quadro 26

Teste de KMO e Bartlett's com 21 itens

KMO and Bartlett's Rest		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.802	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1243.441
	df	210
	Sig.	.000

Quadro 27

Análise Fatorial com Rotação Varimax.

item	1	2	3	4	5
1	0.781				
2	0.800				
3				0.580	
4				0.610	
5					0.799
6	0.698				
7	0.844				
8	0.801				
9	0.600				
10					0.560
11		0.628			
12		0.787			
13		-0.603			
14	0.494				
15		0.622			
16			-0.658		
17			0.69		
18			0.628		
19			0.526		
20					0.451
21				0.739	
%Variância explicada	20.063	16.893	7.713	5.943	5.076

Após a eliminação de 11 itens decorrente das várias análises fatoriais realizadas, comparámos a inclusão dos 21 itens feita segundo a análise de conteúdo qualitativa reportada no Quadro 27 e a análise fatorial a 5 fatores que resolvemos reter. Existe uma coincidência quase item a item entre estes dois métodos de análise conforme se pode observar no Quadro 28, exceto para os itens 6, 11 e 28 que se organizaram num novo fator a que resolvemos chamar de “Motivação centrada no Ego” para a distinguir das outras 4 dimensões que, como seria de esperar, se incluiu no constructo mais vasto de Motivação de Realização.

Quadro 28

Relação dos itens entre análise de conteúdo e AFE

Dimensões originais	Itens originais	Itens excluídos	Itens retidos
1 - Motivação de realização	3,13,14,16,17,18,24,26,28	3,13,14,26	16,17,18,24
2 - Recursos internos	1,2,7,8,9,10,15,21,22	15,21	1,2,7,8,9,10,22
3 - Forças pessoais	12,19,25,27,30,31, 32	12,19,27	25,30,31,32
4 - Hábitos de trabalho	4,6,11,20,23, 29, 5	20,23	4,5,29
5 - Motivação centrada no ego			6,11,28
	32 itens originais	11 excluídos	21 retidos

Após a AFE passámos a determinar a fiabilidade da escala e de cada um dos 5 fatores que emergiram.

Fiabilidade

“A fiabilidade de uma medida refere a capacidade de esta ser *consistente*. Se um instrumento de medida dá sempre os mesmos resultados (dados) quando aplicado a alvos estruturalmente iguais, podemos confiar no significado da medida e dizer que a medida é fiável.” (Marôco & Garcia-Marques, 2006, p. 66).

A medida escolhida foi a da consistência interna determinada por meio do Alpha de Cronbach que, para Marôco e Garcia-Marques (2006), é definida como “uma medida estável de fiabilidade pois não está sujeita à variabilidade resultante da forma como quando o instrumento ou teste é dividido para calcular a fiabilidade split-half.” (p. 73).

Como a escala é multidimensional determinámos o valor de Alpha para cada um dos 5 fatores, conforme o Quadro 29, e para o conjunto dos 21 itens, conforme Quadro 30.

O Coeficiente Alpha de Cronbach total foi de 0.723, que pode ser considerado como aceitável. Verificámos ainda que não havia qualquer vantagem em eliminar itens pois nenhum fazia subir o valor do alfa.

Quadro 29

Definição do Alpha para cada fator (5)

Dimensões	Itens	Alpha
Dimensão 1 - Motivação realização	1, 2, 7, 8, 9, 10, 22	,856
Dimensão 2 - Recursos internos	16, 17, 18, 24	- ,022
Dimensão 3 - Forças pessoais internas	25, 30, 31, 32	,121
Dimensão 4 - Hábitos de trabalho	4, 5, 29	,611
Dimensão 5 - Motivação centrada no ego	6, 11, 28	,256

Quadro 30

Resultados obtidos do coeficiente de fiabilidade pelo Alpha de Cronbach

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of items
0.723	21

Após a Análise da fiabilidade de cada fator e tendo obtido resultados inaceitáveis para os fatores 2, 3 e 5, resolvemos refazer a AFE com os itens que integravam os fatores 1 e 4, referentes à Motivação de Realização e às Hábitos de Trabalho. Apresentamos de seguida os resultados desta análise a 2 fatores com os 10 itens retidos seguidos do Alpha por dimensão e total.

Quadro 31

Teste de KMO e Bartlett's com 10 itens

KMO and Bartlett's Rest		
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.	.857	
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	655.166
	df	45
	Sig.	.000

Quadro 32

Análise Fatorial com Rotação Varimax com 2 dimensões

item	1	2
1 (v1)	0.774	
2 (v2)	0.799	
3 (v4)		0.648
4 (v5)		0.800
5 (v7)	0.699	
6 (v8)	0.850	
7 (v9)	0.791	
8 (v10)	0.649	
9 (v22)	0.518	
10 (v28)		0.721
%Variância explicada	39.678	15.548

Quadro 33

Resultados do coeficiente de fiabilidade pelo Alpha de Cronbach por fator

Reliability Statistics		
Dimensão	Cronbach's Alpha	N of items
Dimensão 1 (Motivação de Realização)	0.856	7
Dimensão 2 (Hábitos de Trabalho)	0.611	3

Quadro 34

Resultados do coeficiente de fiabilidade pelo Alpha de Cronbach (10 itens)

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of items
0.825	10

É esta a escala final que, para a nossa amostra, melhor representa a avaliação ou medida do constructo de Motivação de Realização (ver *Apêndice C*). Contudo, tratando-se de uma primeira análise fatorial do constructo será necessário realizar novas análises junto de

outras amostras, usando a escala original com os 32 itens, para verificar como este instrumento se comporta.

Com os resultados alcançados concluímos que o instrumento de medida é credível para mensurar a motivação de realização em amostras retiradas de populações que falem a língua portuguesa. Entende-se que um trabalho continuado de validação em diferentes amostras é necessário para confirmar estes resultados.

Escala de Autoaprendizagem

A Escala de Autoaprendizagem (EAA) utilizada neste estudo (Apêndice F: Escala de Autoaprendizagem) é de autoria de Santos e Faria (2007). Esta escala já foi anteriormente testada e validada para a amostra em língua portuguesa (Runa, 2013; Magalhães, 2011). A EAA foi concebida para mensurar atitudes de abertura em relação às oportunidades de aprendizagem proporcionadas pelas experiências do dia-a-dia (Faria, Rurato & Santos, 2000, p. 206), e tendo como referência o que Santos e Faria (2007) denominam de pressupostos estruturadores, são eles:

- i. os adultos são capazes de assumir a responsabilidade pessoal e o controlo pelo seu próprio processo de aprendizagem;
- ii. O adulto-aprendiz prefere ser autónomo em relação ao processo de aprendizagem se tiver oportunidades e apoio para tal;
- iii. O adulto-aprendiz aprende mais e melhor quando as aprendizagens têm relação com a sua experiência atual e passada;
- iv. A competência de autoaprendizagem é um constructo multidimensional que envolve variáveis individuais (como, por exemplo, o autoconceito de competência), variáveis sociais ou de contexto (oportunidades de aprendizagem fornecidas pelo contexto social) e variáveis culturais, educativas

e formativas (relação educador-aprendiz, estratégias pedagógicas e andragógicas); e

- v. Os indivíduos com competência de autoaprendizagem usam e aproveitam de forma mais eficaz e integrada as suas potencialidades, bem como as oportunidades de aprendizagem oferecidas pelo meio social envolvente.
- (Santos & Faria, 2007, p. 137).

Tomando como base os pressupostos acima, os autores conceberam a EAA constituída por 24 itens a serem respondidos numa escala de tipo Likert de 6 pontos, que varia entre A = Discordo Totalmente a F = Concordo Totalmente, como pode ser visto no Apêndice B. Esta escala foi usada nesta investigação por entendermos que a “competência da autoaprendizagem, é uma qualificação-chave nuclear da nova Sociedade da Informação e do Conhecimento.” (Santos & Faria, 2007).

São três dimensões analisadas por essa escala. A primeira é a “Aprendizagem ativa ou aceitação da responsabilidade pessoal pela aprendizagem”, a segunda a “Iniciativa na aprendizagem e orientação para a experiência” e por fim “Autonomia na aprendizagem”. A escala originalmente está organizada segundo o Quadro 35 visto a seguir.

Quadro 35

Organização da Escala de Autoaprendizagem

Dimensão	Designação	Definição	Itens
1 - Aprendizagem ativa ou aceitação da responsabilidade pessoal pela aprendizagem	Aprendizagem ativa	“Avalia a percepção da capacidade para aprender em várias situações e com os outros, bem como, a aceitação da responsabilidade pessoal pelo processo de aprendizagem”. (Runa, 2013, p.117)	1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22 (12 itens)
2 - Iniciativa na aprendizagem e orientação para a experiência	Iniciativa na aprendizagem	“Esta dimensão avalia a orientação da aprendizagem para a experiência e para os problemas concretos, bem como a iniciativa dos sujeitos na escolha das suas aprendizagens” (Runa, 2013, p.118)	3, 7, 11, 15, 19, 23 (6 itens)
3 - Autonomia na aprendizagem	Autonomia na aprendizagem	“Avalia a autonomia nas aprendizagens em função das necessidades pessoais”. (Runa, 2013, p.118)	4, 8, 12, 16, 20, 24 (6 itens)

Entrevista Semiestruturada

A caracterização de uma entrevista semiestruturada está em relacionar questionamentos básicos apoiados em teorias e hipóteses, ao tema da investigação. (Triviños, 1987, p. 146). Para Marconi e Lakatos (2010) é um procedimento utilizado na investigação social, para a coleta de dados ou para ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social. (p. 178).

Para Goode e Hatt (1969) consiste no desenvolvimento de precisão, focalização, fidedignidade e validade de certo ato social como a conversação. (p. 237).

Manzini (2004) afirma que os questionamentos dão frutos a novas hipóteses despontadas a partir das respostas dos entrevistados. Triviños (1987) atesta que a entrevista semiestruturada “favorece não só a descrição dos fenómenos sociais, mas também sua explicação e a compreensão de sua totalidade”, e ainda, “além de manter a presença consciente e atuante do pesquisador no processo de coleta de informações”. (p. 152).

Para Selltitz, Cook e Wrightsman. (1965) a entrevista apresenta seis tipos de objetivos:

1. Averiguação de “fatos”;

2. Determinação das opiniões sobre os “fatos”;
3. Determinação de sentimentos;
4. Descoberta de planos de ação;
5. Conduta atual ou do passado; e
6. Motivos conscientes para opiniões, sentimentos, sistemas ou condutas. (p. 286).

A utilização da entrevista do tipo semiestruturada teve como motivação a liberdade que o entrevistador tem para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. É uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação informal. (Marconi e Lakatos, 2010, p. 180)

Nesta investigação a entrevista semiestruturada foi dirigida e aplicada diretamente ao professor da disciplina de programação de computadores para arquitetos, o qual leciona os conteúdos desta componente curricular junto aos alunos do Instituto Superior Técnico de Lisboa, e lecionou aos alunos do curso de inverno da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo na UNICAMP.

Para Estrela (1994), a finalidade da entrevista consiste em recolher dados de opinião que venham a fornecer pistas para a caracterização do processo em estudo, neste caso as dificuldades em aprender a programação de computadores em linguagem textual, na perspectiva do professor, elemento constituinte desse processo. (p. 342).

O guião da entrevista semiestruturada (ver *Apêndice I*) foi dividido em quatro blocos:

BLOCO I: CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO

1. Género:

- ☐ 1 – Feminino. ☐ 2 – Masculino.

2. Idade:

- ☐ 1 - Menos de 20 anos.
☐ 2 - De 20 a 30 anos.
☐ 3 - De 31 a 40 anos.
☐ 4 - De 41 a 50 anos.
☐ 5 - Acima de 51 anos.

4. Tempo de Exercício docente

- ☐ 1 - Menos de 5 anos.
☐ 2 - De 6 a 10 anos.
☐ 3 - De 11 a 20 anos.
☐ 4 – Acima de 21 anos.

3. Grau Acadêmica

- ☐ 1 – Graduado
☐ 2 – Especialista
☐ 3 – Mestre
☐ 4 – Doutor

5. Formação Acadêmica

- ☐ 1 – Ciência da Computação
☐ 2 – Engenharias
☐ 3 – Arquitetura
☐ 4 – Outra: _____

BLOCO II: O PAPEL DO ALUNO/APRENDIZ

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	QUESTÕES
Perceber o que o professor alega ser importante na atuação do aluno no processo de aprendizagem de CAD com linguagem de programação textual	<p>Como o professor percebe o nível de conhecimento em programação de computadores em linguagem textual dos alunos que iniciam a disciplina?</p> <p>Com que conhecimentos prévios gostaria que os alunos iniciassem a disciplina?</p> <p>Com que conhecimentos adquiridos gostaria que os alunos finalizassem a disciplina?</p> <p>O professor percebe um ganho ou perda de motivação dos alunos durante a disciplina?</p> <p>E como o professor percebe a motivação dos alunos ao estudar os conteúdos dessa disciplina? São pouco motivados? Muito?</p>

BLOCO III: O MÉTODO DE ENSINO

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	QUESTÕES
Perceber qual a percepção que o professor tem do conteúdo programático da disciplina	<p>Como o professor avalia o programa da disciplina?</p> <p>O professor tem autonomia para modificar o programa? Mudaria alguma coisa?</p> <p>Como avalia a divisão de horas da disciplina? Em relação às horas totais e a divisão de teóricas e práticas?</p> <p>O que o professor acha que o programa promove na prática?</p>
Perceber qual a imagem geral que o professor tem do ensino de CAD com linguagem de programação textual	<p>Como o professor avalia o atual método de ensino de CAD com linguagem programação textual?</p> <p>Alguma coisa poderia ser modificada? Se sim, o quê, por exemplo?</p> <p>O professor acha que consegue extrair dos alunos o melhor que pode?</p>

	<p>Qual a importância que o professor considera em poder utilizar outros modelos de ensino?</p> <p>Gostaria de terminar perguntando se tem algo mais a dizer sobre este assunto?</p>
--	--

BLOCO IV: FINALIZAÇÃO

Agradecer ao professor pela cooperação, reforçando a importância dele para a continuidade do trabalho nas próximas etapas.

No fim da entrevista realizou-se a leitura detalhada das respostas do professor em busca de elucidar qualitativamente do que trata sua fala. A técnica adotada foi Análise de Conteúdo com auxílio do software de suporte à análise NVivo para auxiliar na organização e análise do material coletado.

Escala de Esforço Mental

Para mensurar a eficiência do modelo proposto, usamos a Escala de Esforço Mental Percebido pelo aluno ao realizar duas provas: uma de Aquisição de Conhecimento, e outra de Transferência de Conhecimento.

Alves et al. (2017) sugerem que mensurar a quantidade de esforço mental empregado na realização de determinada tarefa possibilita um aperfeiçoamento no desenvolvimento de tarefas instrutivas, promovendo assim uma melhor aprendizagem.

A relação entre o esforço mental demandado e a performance ou desempenho dos aprendizes em determinada tarefa, nos possibilita avaliar a eficiência destas tarefas, de tal forma que possamos ajustá-las para obter melhores resultados (Kirschner & Kirschner, 2012).

A escala adotada para esse estudo foi do tipo Escala de Mensuração Subjetiva da Carga Cognitiva (Subjective Cognitive Load Measurement Scale, SCLM). Esta é uma escala unidimensional que consiste numa classificação em representação numérica de 1 (esforço

mental muito muito pequeno) a 9 (esforço mental muito muito elevado), respondida pelos próprios alunos no fim da realização de uma tarefa.

A Escala de Esforço Mental utilizada nesse estudo foi anteriormente validada e testada para amostras em língua portuguesa no trabalho de Oliveira (2007), depois utilizada no trabalho de Melo (2018), o que nos garantiu a fiabilidade de seu uso. (ver Apêndice H: Escala de Esforço Mental).

Aquisição e Transferência de Conhecimentos

A Aquisição de Conhecimento

Quando tratamos da aquisição de conhecimento por meio do ensino, estamos lidando com conhecimento biológico secundário, o qual está associado a métodos e estratégias de ensino, visto que tais conhecimentos são adquiridos por meio de instrução. Diferente do conhecimento biológico primário os que são aprendidos através dos processos ‘naturais’ de socialização humana. (Sweller, Ayres & Kalyuga 2011).

Conhecimentos adquiridos prioritariamente a partir do ensino necessitam de uma abordagem eficiente e eficaz, para que resulte numa aprendizagem com menos esforço cognitivo e mais qualidade. Segundo Melo (2018) “O ID (Instructional Design) centra-se na gestão dos recursos cognitivos dos alunos com o intuito de facilitar a aquisição do conhecimento biológico secundário.” (p. 1).

A definição de ID para Reiser e Dempsey (2007) é como “um processo sistemático que é empregado para desenvolver programas de educação e treinamento de forma consistente e confiável”, e deve ser pensado como uma estrutura para desenvolver módulos ou lições que aumentem a possibilidade de aprender, torne a aquisição de conhecimentos e habilidades mais eficiente, eficaz e interessante e ainda, incentive o engajamento dos alunos para que eles

aprendam mais rápido e ganhem níveis mais profundos de compreensão (Merrill, Drake, Lacy, & Pratt, 1996).

Para Marques (2015) “aprender implica uma certa permanência das aquisições e teremos de postular a existência de um sistema qualquer que permita armazenar as aquisições (conhecimentos, comportamento, informação) realizadas”. (p. 183).

Marques (2015), fala então de modelos mentais, do sistema de memória que são também sustentados com aspetos neuro psicológicos (Rolls, 2000; Squire & Schacter, 2002; entre outros) e neurobiológicos. (Spear, Miller & Jagielo, 1990; entre outros.)

Modelos mentais são representações cognitivas que incluem o conhecimento declarativo, procedural e inferencial necessário para entender como um sistema complexo funciona (Greene & Azevedo, 2009). Os modelos mentais vão além das definições e do aprendizado mecânico para incluir um profundo entendimento dos componentes do sistema e a capacidade de fazer inferências sobre mudanças no sistema. (idem)

Uma maneira pela qual a aquisição de modelos mentais de sistemas complexos pode ser facilitada é através da apresentação de múltiplas representações de informações, tais como texto, imagens e vídeo (Mayer, 2005).

Portanto, ambientes hipermédia, com sua flexibilidade em apresentar múltiplas representações, têm sido sugeridos como ferramentas ideais de aprendizado para fomentar modelos mentais sofisticados de sistemas complexos (Azevedo, 2005; Goldman, 2003; Kozma, 2003).

Reforçando a ideia em defesa de que o ID está numa perspectiva processual da informação, referindo-se ao modo de como um recurso educacional digital é pensado, concebido, implementado e repensado durante todo o processo de aprendizagem. Para Marques (2015) “um dos resultados mais gerais e mais replicados sobre a memória de

conteúdos escolares é o de que a retenção a longo prazo desta informação depende do nível com que foi adquirida originalmente”. (p. 184).

Para o aluno ter em garantia de que a instrução a qual foi submetido tenha-se tornado efetivo conhecimento, a capacidade da transferência do conhecimento previamente adquirido, deve poder ser utilizada para aplicação de novos aprendizados.

A prova de avaliação de conhecimentos será descrita mais abaixo.

A Transferência de Conhecimento

Para Miranda (2015) é consensual de que a transferência de conhecimento é um componente fundamental da aprendizagem. Prawat (1989) considera que a transferência de conhecimentos e habilidades é traçada como objetivo principal da educação, que para Fogarty (1995) é o objetivo final da educação para a aprendizagem ao longo da vida.

Autores como Voss (1987) estão convencidos dessa verdade de tal modo que propõem que a aprendizagem propriamente dita está subordinada à capacidade de ser transferida.

Para Lauder, Reynolds e Angus (1999) “transferência faz parte de um ciclo autoperpetuante de desenvolvimento e reconstrução contínuos de significados e práticas. A capacidade de transferir conhecimento e habilidades é uma atividade essencial para estudantes e profissionais”. (p. 480).

Prawat (1989) define transferência como a capacidade de acessar e utilizar os recursos intelectuais de uma pessoa em situações em que esses recursos podem ser relevantes. Pode-se sugerir, portanto, que a transferência e a transferibilidade implicam que o conhecimento, as estratégias metacognitivas e as habilidades psicomotoras que foram adquiridas em um contexto podem ser aplicadas em outros contextos.

Há também a suposição implícita de que as habilidades intelectuais adquiridas durante um curso de estudo podem ser transferidas para outras situações que podem ocorrer em um

local distante, e um tempo um pouco distante da situação original de aprendizado. Por sua vez, esse processo de transferência resulta em novo significado e compreensão (Coleman, Brown & Rivkin, 1997), ou o desempenho de novas habilidades ou a mesma habilidade em um contexto desconhecido (Price & Driscoll, 1997).

Por sua vez, o ID adotado neste estudo centra-se nas tarefas de aprendizagem e de que estas devem estimular os alunos a integrarem os conhecimentos, as competências (*skills*) e as atitudes que potenciam a transferência das aprendizagens adquiridas na resolução problemas, que envolvam novas situações ou situações não familiares aos alunos. (Melo, 2018; van Merriënboer & Sluijsmans, 2009).

Provas de Avaliação da Aquisição e Transferência de Conhecimentos

Elaborar uma prova que avalie o nível de conhecimento em qualquer domínio é sempre um desafio para o professor. Para avaliar os conhecimentos iniciais em programação de computadores não é diferente.

Há investigações que se propõem a tal, porém, como dizem Costa e Miranda (2017), é “difícil comparar os resultados das investigações que visaram melhorar as competências de programação dos estudantes que se encontravam numa fase inicial de aprendizagem, não só porque foram usadas diferentes linguagens de programação, mas ainda porque a avaliação feita usou diferentes instrumentos de medida.” (p. 67).

As provas de avaliação da aquisição e transferência de conhecimentos utilizadas neste estudo foram feitas sob medida, para avaliar pontualmente os conteúdos aos quais os alunos foram instruídos, quer seja pelo método tradicional de ensino, ou pelo ambiente online de aprendizagem concebido com base no modelo 4C/ID de Design Instructional.

Foram elaboradas duas provas de Avaliação da Aquisição de Conhecimento, e duas provas da Avaliação da Transferência de Conhecimento, para que atendessem ao design experimental proposto para essa investigação.

As primeiras provas de Avaliação da Aquisição e Transferência de Conhecimento continham os assuntos relacionados à “Funções Recursivas” e as segundas provas à “Listas”. Todas as questões das provas estão diretamente relacionadas com as instruções recebidas pelos alunos no ambiente convencional e no ambiente online.

A prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento do primeiro experimento é constituída por três questões do conteúdo de “Funções Recursivas”. A prova pode ser vista no Apêndice J.

A primeira questão é genérica e foi construída com base na definição de função em linguagem Python e está relacionada à Learning Class 1 – Conhecimentos Básicos - Funções, e as Tarefas de Aprendizagem 1, 2, e 3.

A segunda questão trata da análise do código de uma função para que o aluno analise a relação computacional e matemática da função em questão, está relacionada a Learning Class 2 – Função Recursiva e Tarefas de Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, e 6.

A terceira questão é específica para a aplicação de funções para a arquitetura, e trata da decomposição dos parâmetros de uma pirâmide de degraus para a codificação da função, e está relacionada a Learning Class 3 – Representações Gráficas e Tarefas de Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16.

A prova de Avaliação da Transferência de Conhecimento do primeiro experimento contava com duas questões do conteúdo de “Funções Recursivas”. A prova pode ser vista no Apêndice K. A primeira questão está relacionada com a definição de funções e suas vantagens. E a segunda questão é uma questão específica da arquitetura ao tratar do uso de funções recursivas para a concepção de um arco falso paramétrico.

No segundo experimento a prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento também foi elaborada com três questões agora com o conteúdo de “Listas”. A prova pode ser vista no Apêndice L. A primeira e a segunda questão são de conteúdo genérico e tratam das definições e aplicações gerais das “Listas” em linguagem Python.

A terceira questão foi específica para o arquiteto e está relacionada ao uso de lista na conceção de uma treliça paramétrica.

A primeira questão teve como base a Learning Class 1 – Conhecimentos Básicos e Tarefas de Aprendizagem 1, 2, e 3. A segunda questão com a Learning Class 2 – Operações com Listas e Tarefas de Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, e 6. Por fim a terceira questão da prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento esteve relacionada a Learning Class 3 – Listas Representações Gráficas e Tarefas de Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16.

Já a prova de Avaliação da Transferência de Conhecimento do segundo experimento contava com uma única questão específica de arquitetura a tratar do uso de “Listas” para a reprodução gráfica de uma passarela suspensa. A prova pode ser vista no Apêndice M. A cotação máxima nas provas aplicadas era de 20 valores, numa escala de 0-20.

Capítulo 4

Apresentação e Análise dos Resultados

Este último capítulo é dedicado à apresentação e análise dos resultados. Os resultados serão apresentados de acordo com as questões e hipóteses formuladas no capítulo da metodologia, que acabámos de descrever. Para cada questão apresentaremos primeiro os resultados da estatística descritiva, analisando a média, o desvio-padrão e as notas máxima e mínima obtida em cada escala aplicada, apresentando ainda gráficos *Boxplot* que facilitam a leitura por meio da representação gráfica dos resultados.

Seguidamente exporemos a estatística inferencial, analisando primeiro os resultados dos pressupostos para se avaliar a mudança em termos estatísticos: o pressuposto da normalidade da distribuição, recorrendo ao teste de *Kolmogorov-Smirnov* e da homogeneidade da variância, usando o teste de Levene. Em função destes resultados é que decidimos se aplicávamos testes paramétricos ou não paramétricos, tendo em conta as características das amostras: se eram emparelhadas ou independentes. No primeiro caso temos a medição da mudança entre o pré-teste e o pós-teste para os mesmos sujeitos no que concerne à percepção da motivação de realização e da aprendizagem autodirigida. No segundo caso, amostras independentes, tratou-se de medir a mudança entre grupos (grupo experimental e grupo de controlo) no pós-teste e no que diz respeito às medidas de aquisição e transferência de conhecimentos e percepção de esforço mental.

Tal qual exposto no capítulo anterior da metodologia do experimento, nomeadamente na secção que trata do desenho da investigação, tanto o Grupo 1 como o Grupo 2 são compostos pela amostra de alunos portugueses e brasileiros. O nomeado Grupo 1 compreende os alunos que responderam aos questionamentos quando estavam a ser instruídos do conteúdo programático de “Listas”, e o Grupo 2 do conteúdo programático “Funções Recursivas”.

Por fim damos conta dos resultados obtidos a partir da análise de conteúdo da entrevista semiestruturada realizada ao professor que lecionou a disciplina.

Relembramos que o principal objetivo do presente trabalho de investigação é compreender as dificuldades da aprendizagem da programação informática em linguagem textual Python, destinada a arquitetos, junto de estudantes universitários que frequentavam cursos de arquitetura de Portugal e do Brasil, realizando um estudo comparativo entre as turmas (grupo experimental e grupo de controlo, ambos com alunos das amostras portuguesas e brasileiras), e como o modelo de design instrucional 4C/ID pode apoiar a superar algumas dessas dificuldades.

Com este estudo pretendemos ainda desenvolver um ambiente instrutivo online capaz de possibilitar a criação de tarefas de aprendizagem com base no modelo 4C/ID, atendendo fidedignamente ao que o modelo propõe, e avaliar os efeitos deste ambiente na motivação de realização, na aprendizagem autodirigida, no esforço mental percecionado e na aquisição e na transferência de conhecimentos de programação.

Rememora-se que no início da investigação, analisámos a competência tecnológica dos participantes, em termos gerais do uso das tecnologias da informação e comunicação (TIC), e mais específico em relação ao *e-learning*, conhecimentos em programação de computadores, e a motivação para adquirir essas competências (cf. Apêndice E).

A grande maioria dos alunos (90,9%) alegaram apresentar uma dificuldade em criar códigos, e que os desafios desta prática estão associados a compreender tanto a matemática envolvida na solução dos problemas, como também em compreender as regras da linguagem em estudo, e sobretudo que 82,9% disseram possuir motivação para adquirir conhecimentos em programação de computadores em linguagem textual (Python).

Compreendemos que para atender a necessidade destes sujeitos no que diz às aprendizagens complexas (*complex learning*) envolvidas nesta investigação, conceber

ambientes de aprendizagem que tragam resultados significativos são necessários, e o modelo 4C/ID escolhido foi precisamente concebido para melhorar a aquisição desses conhecimentos, competências e atitudes implicados nas aprendizagens complexas.

Motivação de Realização

A questão que levantamos no início foi a de que os participantes nesta investigação iriam alterar a sua perceção de motivação de realização após terem participado na experiência de aprender programação informática usando o modelo instrutivo 4C/ID. Este modelo é destinado ao ensino de aprendizagens complexas, como o é a programação, valoriza os conhecimentos prévios do aluno e propõe tarefas de aprendizagem baseadas no modo como a arquitetura cognitiva humana processa a informação, que lhe é transmitida por meio da visão e da audição e que progredem do simples para o complexo. Tem ainda em conta outros princípios de aprendizagem e de eliminação da carga cognitiva, como referimos no capítulo da revisão da literatura. Ora estas características levaram-nos a supor e a levantar a hipótese que este ambiente poderia ter algum efeito na perceção de motivação de realização dos alunos tendo em vista atingir um objetivo, neste caso, aprender com sucesso a programação, e nos seus hábitos de trabalho.

Para responder à questão de investigação de avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem na motivação de realização com base na Teoria da Motivação de Realização, aplicámos a escala de motivação de realização - EMR em dois momentos (pré-teste e pós-teste) para cada grupo do experimento (grupo 1 e grupo 2). O Grupo 1 que era constituído por todos os sujeitos do experimento, portugueses e brasileiros, que receberam instrução do conteúdo programático de “Listas”, assim como o Grupo 2 que receberam instruções do conteúdo programático “Funções Recursivas”, no qual ambos responderam a esta escala antes e depois das experiências terem sido realizadas.

Iremos apresentar primeiro as estatísticas descritivas (média, desvio padrão, nota máxima e mínima) obtidas pelos sujeitos no pré-teste e no pós-teste, e os gráficos que ilustram estes resultados. Ressaltamos que todos os sujeitos, independentemente de pertencerem ao Grupo 1 e Grupo 2 usaram alternadamente o modelo 4C/ID, e em cada grupo de trabalho contêm sujeitos portugueses e brasileiros. No Quadro 36 é possível confrontar os valores obtidos da média e do desvio padrão, nota máxima e mínima.

Quadro 36

Estatística Descritiva da Escala de Motivação de Realização

Grupo do Experimento		Pré-teste	Pós-teste
Grupo 1 - Listas	Mean	2,904	2,869
	Std. Deviation	,517	,621
	Minimum	2	2
	Maximum	4	4
Grupo 2 – Funções	Mean	2,892	2,887
	Std. Deviation	,364	,420
	Minimum	2	2
	Maximum	4	4

Ao analisar os valores médios apresentados no Quadro 36, percebe-se que não houve mudança nos resultados entre o início e o final do experimento, entre o pré-teste e o pós-teste. O Quadro 37 mostra as médias, mas agora comparando os domínios/fatores em estudo. E neste caso percebe-se uma avaliação positiva no que responderam os sujeitos do Grupo 1 para o Domínio 1 (Motivação de Realização) do pré-teste para o pós-teste. O que para este grupo não aconteceu para o Domínio 2 (Hábitos de Trabalho). E ainda, em relação ao Grupo 2, quer seja para o Domínio 1 ou 2, mantiveram-se estáveis os resultados do pré-teste para o pós-teste.

Quadro 37

Estatística Descritiva da Escala de Motivação de Realização por domínio

Fatos	Grupo do Experimento		Pré-teste	Pós-teste
Motivação de Realização	Grupo 1 – Listas	Mean	2,664	2,751
		Std. Deviation	,841	,878
		Minimum	1	1
		Maximum	4	5
	Grupo 2 – Funções	Mean	2,557	2,557
		Std. Deviation	,672	,684
		Minimum	1	1
		Maximum	4	4
Hábitos de Trabalho	Grupo 1 - Listas	Mean	3,463	3,144
		Std. Deviation	,679	,764
		Minimum	2	1
		Maximum	4	4
	Grupo 2 - Funções	Mean	3,674	3,658
		Std. Deviation	,908	,739
		Minimum	1	2
		Maximum	5	5

Resolvemos então detalhar a observação neste quesito, e olhamos pontualmente os valores médios respondidos pelos sujeitos para cada item na EMR para ambos os grupos e ao longo do experimento em pré-teste e pós-teste. O Quadro 38 a seguir trata destes resultados.

Quadro 38

Estatística Descritiva da Escala de Motivação de Realização por item

Itens	Grupo do experimento	Pré-teste		Pós-teste	
		M	DP	M	DP
1 - Sinto que sou uma pessoa preguiçosa	Grupo 1 - Listas	2,65	,982	2,70	1,105
	Grupo 2 - Funções	2,37	,968	2,41	,999
2 - Muitas vezes passam-se dias sem eu ter feito nada.	Grupo 1 - Listas	2,35	1,152	2,61	1,234
	Grupo 2 - Funções	2,32	1,254	2,12	,954
3 - Planeio com antecedência quais os assuntos a estudar durante o meu tempo livre.	Grupo 1 - Listas	3,30	,822	3,35	,714
	Grupo 2 - Funções	3,46	1,051	3,46	,897
4 - Quando fico a saber que alguém que gosta de mim conseguiu alcançar algo grandioso, fico motivado para fazer a mesma coisa de uma maneira melhor.	Grupo 1 - Listas	3,43	,945	3,00	1,128
	Grupo 2 - Funções	3,56	1,226	3,61	1,115
5 - Vou adiando o que eu deveria estudar no dia-a-dia.	Grupo 1 - Listas	3,00	1,168	2,83	1,193
	Grupo 2 - Funções	2,88	,954	2,71	,873
6 - Levo muito tempo para começar a estudar.	Grupo 1 - Listas	2,91	1,411	3,00	1,243
	Grupo 2 - Funções	2,68	,960	2,90	,970
7 - Na maioria dos dias prefiro descontrair e relaxar em vez de me preparar para o próximo dia de trabalho na Faculdade.	Grupo 1 - Listas	3,00	1,206	2,91	1,083
	Grupo 2 - Funções	2,71	1,146	2,80	1,030
8 - Às vezes esqueço-me de fazer os trabalhos de casa.	Grupo 1 - Listas	2,35	1,152	2,48	1,039
	Grupo 2 - Funções	2,41	1,024	2,29	,929
9 - Prefiro usar o meu tempo para fazer qualquer outra coisa, ao contrário de tentar aperfeiçoar algo que já tenha concluído.	Grupo 1 - Listas	2,39	,722	2,74	,810
	Grupo 2 - Funções	2,54	1,002	2,66	,883
10 - Gosto de terminar as minhas tarefas académicas, mesmo quando são difíceis e consomem muito tempo.	Grupo 1 - Listas	3,65	1,071	3,09	1,203
	Grupo 2 - Funções	4,00	1,118	3,90	,995

Notamos que em quase todos os itens houve uma avaliação mais positiva do pré-teste para o pós-teste, quer seja no Grupo 1 ou Grupo 2. Com atenção especial ao item 9 que obteve uma diferença positiva mais elevada (0,35) para o Grupo 1 no pós-teste. O item refere que “Prefiro usar o meu tempo para fazer qualquer outra coisa, ao contrário de tentar aperfeiçoar algo que já tenha concluído.” Este item faz parte do Domínio 1 (Motivação de Realização), que é caracterizado pela competitividade e orientação para alcançar objetivos.

Vale observar também o item 10 com diferença negativa mais elevada (-0,57) para o Grupo 1 no pós-teste, e trata que “Gosto de terminar as minhas tarefas académicas, mesmo quando são difíceis e consomem muito tempo.”. Este item é parte do Domínio 2 (Hábitos de Trabalho) que se relaciona com o planeamento e a organização, iniciativa e espírito de equipa.

Em síntese: No que respeita aos resultados da estatística descritiva verificamos que não houve praticamente alterações dos resultados ao nível da perceção da motivação de realização do pré-teste para o pós-teste, o que pode significar que mudanças a este nível só serão alcançadas com experiências que tenham uma maior duração. A motivação é uma variável psicológica que está dependente de todo um historial do aluno e que é difícil de alterar em experiências de curta duração e cujo foco não era promover a motivação dos alunos. Pensámos que o modelo 4C/ID centrado em tarefas de aprendizagem, adaptadas às características do modo como a arquitetura cognitiva humana processa a informação, pudesse ter algum efeito na perceção de motivação de realização e nos hábitos de trabalho dos estudantes o que, infelizmente, não se verificou.

Passamos agora analisar os resultados da estatística inferencial. Com médias tão pouco diferenciadas e com uma amostra reduzida, os resultados desta análise serão quase de certeza estatisticamente não significativos. Mas passemos às evidências.

Para avaliar se a motivação de realização melhorou significativamente nos alunos do pré-teste para o pós-teste, recorreu-se ao teste *t-Student* para amostras emparelhadas. O pressuposto da normalidade foi validado com o teste de *Kolmogorov-Smirnov* nos dois momentos ($KS\ p_{\text{grupo1}[\text{pré}]} = 0,200$; $KS\ p_{\text{grupo1}[\text{pós}]} = 0,152$; $KS\ p_{\text{grupo2}[\text{pré}]} = 0,200$; $KS\ p_{\text{grupo2}[\text{pós}]} = 0,200$) e o Teste de Levene permitiu-nos verificar que existia homogeneidade das variâncias na nossa distribuição, conforme pode ser observado no Quadro 39, pois o valor p é sempre superior a 0,05 ($p > 0,05$).

Quadro 39

Teste de Homogeneidade da Variância para Motivação de Realização

Experimento		Levene Statistic	Sig.
Pré-Teste	Based on Mean	2,763	,102
	Based on Median	2,757	,102
Pós-Teste	Based on Mean	2,342	,131
	Based on Median	1,628	,207

No Quadro 40 apresentamos a estatística de teste t student $t(63) = 0,328$, sendo o p -value para o teste bilateral (*Sig. 2-tailed*) igual a $p = 0,744$ ($p > 0,05$), logo não estatisticamente significativo

Quadro 40

Teste t para Amostras Emparelhadas para a EMR

Experimento	Mean	Std. Deviation	Std. Erros Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
(Pré-Teste) – (Pós-Teste)	,01562	,38057	,04757	-,07944	,11069	,328	63	,744

Com este resultado temos que aceitar a H_0 e rejeitar a nossa hipótese H_1 . Concluimos que para $\alpha = 0,05$, a motivação de realização média no final do experimento é idêntica à motivação de realização média no início do experimento. A Figura 49 ilustra as representações gráficas significativas para os resultados.

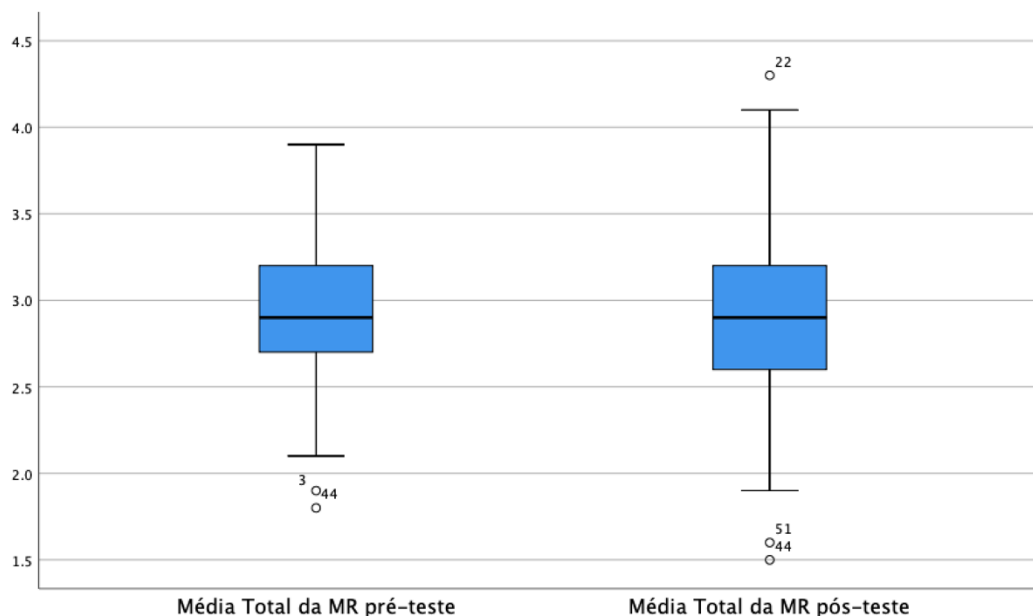


Figura 49. Boxplot das médias pré e pós-teste da Motivação de Realização

Resolvemos então avaliar os resultados por fator, para termos uma análise específica para cada um dos dois domínios definidos para o constructo após nossa AFE. A estatística descritiva dos resultados por fator ao longo do tempo apresentou que a motivação de realização média no início do experimento para o Domínio 1 (Motivação de Realização) é de 2,59 (SD = 0,732) e no final é de 2,63 (SD = 0,758). Para o Domínio 2 (Hábitos de Trabalho), em pré-teste, é de 3,59 (SD = 0,833) e pós-teste é de 3,47 (SD = 0,782).

No Quadro 41 vemos a média entre as variáveis (Mean), o desvio-padrão da diferença (Std. Deviation) e o intervalo de confiança a 95%, para cada domínio em estudo. Para o Domínio 1, a estatística de teste é $t(63) = -0,418$, sendo o p -value para o teste bilateral (Sig. 2-tailed) igual a $p = 0,677$.

Para o Domínio 2, a estatística de teste é $t(63) = 1,195$, sendo o p -value para o teste bilateral (Sig. 2-tailed) igual a $p = 0,237$.

Quadro 41

Teste t das Amostras Emparelhadas para a EMR, por domínio

Experimento (Pré) – (Pós)	Mean	Std. Deviation	Std. Erros Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Dom. 1	-,03125	,59773	,07472	-,18056	,11806	-,418	63	,677
Dom. 2	,12500	,83677	,10460	-,08402	,33402	1.195	63	,237

Ao analisar a estratificação por domínio temos que para o Domínio 1 se observa uma melhoria estatística da motivação de realização entre o pré-teste, no início do experimento ($M = 2,59$; $SEM = 0,092$) e o pós-teste, no fim do experimento ($M = 2,63$; $SEM = 0,095$) $t(63) = -0,418$, mas sem significância estatística ($p > 0,05$). Ao olhar o Domínio 2 observa-se que a motivação de realização no final do experimento ($M = 3,59$; $SEM = 0,104$) é superior à motivação de realização no início do experimento ($M = 3,47$; $SEM = 0,098$) $t(63) = 1,195$ mas também sem significância estatística ($p > 0,05$).

A Figura 50 ilustra as representações gráficas destes resultados.

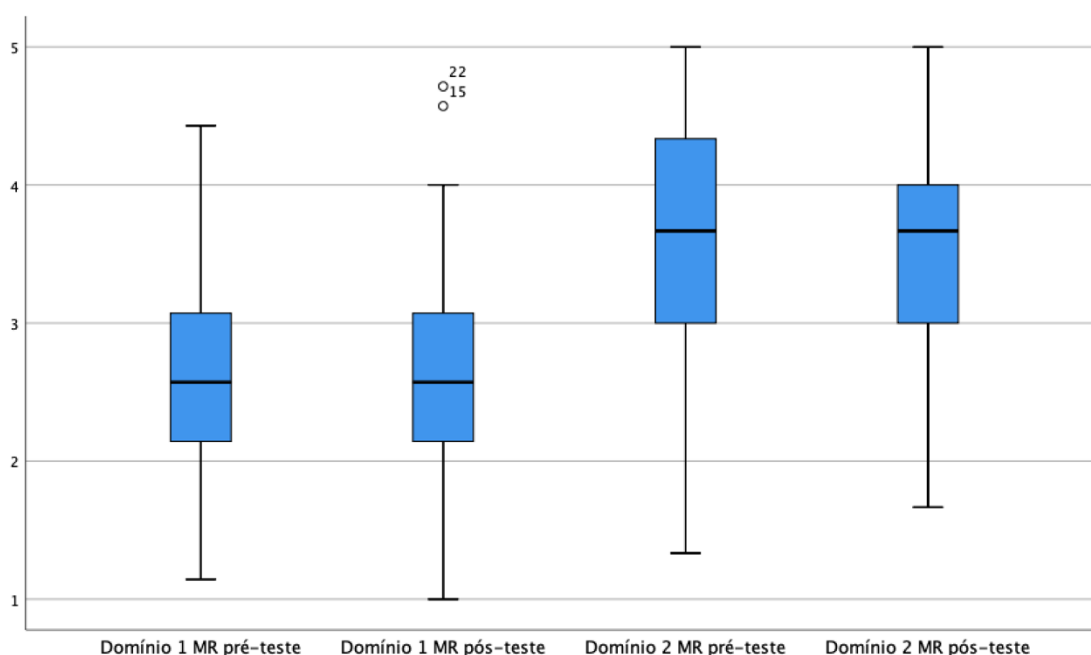


Figura 50. Boxplot por domínios em pré-teste e pós-teste da Motivação de Realização

Autoaprendizagem

No que tange à compreensão da autoaprendizagem percebida, partimos da questão de que os participantes durante o experimento (pré-teste e pós-teste) mudariam as suas percepções de autoaprendizagem, quando submetidos ao modelo instrutivo 4C/ID na aprendizagem de programação informática.

Como mencionado no capítulo da revisão de literatura, o modelo instrutivo 4C/ID é voltado às aprendizagens complexas, e que estas por sua vez no contexto da aprendizagem, refere-se à integração de conhecimentos, habilidades e atitudes adquiridas (e novas).

Levantamos a hipótese que o ambiente de aprendizagem, assim como para a motivação de realização, poderia ter algum efeito na percepção da autoaprendizagem, e que neste caso influenciaria a Aprendizagem Ativa, a Iniciativa na Aprendizagem e a Autonomia na Aprendizagem.

A questão de investigação de avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem na aprendizagem autodirigida na amostra definida neste estudo, buscamos respondê-la ao aplicar a escala de autoaprendizagem – EAA durante o experimento em dois momentos (pré-teste e pós-teste), em cada grupo do experimento. O Grupo 1 e o Grupo 2, constituídos exatamente da mesma forma e pelos mesmos sujeitos respondentes da EMR.

A estatística descritiva de média, desvio padrão, valor mínimo e valor máximo obtidas pelos sujeitos em pré-teste e pós-teste, pode ser observada no Quadro 42. Lembramos que em cada grupo de trabalho possui sujeitos portugueses e brasileiros e que todos usaram, em momentos alternados, o modelo 4C/ID.

Quadro 42

Estatística Descritiva da Escala de Autoaprendizagem

Grupo do Experimento		Pré-teste	Pós-teste
Grupo 1 - Listas	Mean	4,894	4,858
	Std. Deviation	,499	,502
	Minimum	4	4
	Maximum	6	6
Grupo 2 – Funções	Mean	4,975	5,070
	Std. Deviation	,726	,517
	Minimum	2	4
	Maximum	6	6

Ao analisar o Quadro 42 vemos que não houve mudanças estatisticamente significativas entre os resultados das médias e desvio-padrão coletados no início e fim do experimento, a comparar o pré-teste e o pós-teste.

Vislumbramos ainda que os valores mínimos para o Grupo 1 mantiveram-se próximos de 4 (Concordo Parcialmente), e os máximos quer seja em pré-teste como pós-teste próximos de 6 (Concordo Totalmente).

Mudança significativa vemos no valor mínimo do Grupo 2 com uma considerável melhora com valores em pré-teste próximos de 2 (Discordo) e pós-teste próximo de 4 (Concordo Parcialmente).

O Quadro 43 por sua vez apresenta as médias, desvio-padrão, valores mínimos e máximos em relação aos domínios/fatores em estudo pela EAA. Desta vez vemos que os valores das médias se mantiveram estáveis no pré-teste e pós-teste. Mas vale uma observação na avaliação positiva nas respostas dos sujeitos do Grupo 2 para os Domínio Iniciativa na Aprendizagem e Autonomia na Aprendizagem, que saíram de próximo de 2 (Discordo) para próximo de 4 (Concordo Parcialmente).

Quadro 43

Estatística Descritiva da Escala de Autoaprendizagem por domínio

Fatos	Grupo do Experimento		Pré-teste	Pós-teste
Aprendizagem Ativa	Grupo 1 – Listas	Mean	5,050	4,963
		Std. Deviation	,482	,538
		Minimum	4	4
		Maximum	6	6
	Grupo 2 – Funções	Mean	5,067	5,126
		Std. Deviation	,800	,598
		Minimum	2	4
		Maximum	6	6
Iniciativa na Aprendizagem	Grupo 1 - Listas	Mean	4,630	4,673
		Std. Deviation	,708	,632
		Minimum	3	3
		Maximum	6	6
	Grupo 2 - Funções	Mean	4,845	4,939
		Std. Deviation	,754	,583
		Minimum	2	4
		Maximum	6	6
Autonomia na Aprendizagem	Grupo 1 - Listas	Mean	4,847	4,833
		Std. Deviation	,604	,487
		Minimum	4	4
		Maximum	6	6
	Grupo 2 - Funções	Mean	4,922	5,089
		Std. Deviation	,748	,502
		Minimum	2	4
		Maximum	6	6

Passamos a observar então os valores médios respondidos pelos sujeitos a cada item da EAA para ambos os grupos e ao longo do experimento em pré-teste e pós-teste. Ao analisar o Quadro 44, vislumbra-se que a dimensão “Aprendizagem Ativa” apresentou médias com altos valores no pré-teste e pós-teste, em sua maioria com valores acima dos 5. Entende-se então, para esta dimensão, que os sujeitos apresentaram uma aceitação da responsabilidade

pessoal pela sua aprendizagem. Que os sujeitos possuíam uma percepção de suas capacidades de aprender em várias situações e com os outros.

A segunda dimensão “Iniciativa na Aprendizagem” apresentou valores menores em relação ao primeiro domínio, porém em sua maioria, o pós-teste apresentou valores maiores do que o pré-teste. Entende-se que os sujeitos desta amostra se auto avaliaram com uma aprendizagem para as experiências e para os problemas concretos, bem como a iniciativa na escolha do que aprender.

Já o último domínio “Autonomia da Aprendizagem” mostra valores médios mais elevados que os do segundo domínio, e mais próximos do primeiro, que se entende que os sujeitos se auto declararam com uma autonomia nas aprendizagens em função das suas necessidades pessoais.

Vale ressaltar que este domínio apresenta o item com menor valor (24 - Sei melhor do que as outras pessoas o que preciso de aprender. Pré-teste: 3,92; pós-teste: 4,06), no que entendemos que para esses sujeitos uma aprendizagem direcionada é indicada.

Quadro 44

Estatística Descritiva das dimensões da Autoaprendizagem por item

Fator	Itens	Pré-teste		Pós-Teste	
		M	DP	M	DP
Aprendizagem Ativa	1 - Faço perguntas quando tenho dúvidas.	4,58	1,232	4,83	1,106
	2 - Sei que sou capaz de aprender com os meus erros.	5,28	,826	5,19	,753
	3 - Procuro aplicar na prática o que aprendo.	5,16	,895	5,13	,787
	4 - Sou uma pessoa atenta aos outros para aprender com eles.	5,08	,896	5,19	,732
	5 - Sou capaz de aprender com pontos de vista diferentes dos meus.	5,03	,992	5,11	,799
	6 - Estou sempre a aprender com tudo o que me rodeia.	4,95	1,030	5,00	,836
	7 - Aprendo sempre algo de novo com o meu trabalho.	5,11	1,010	5,05	,805
	8 - Gosto de aprender para melhorar pessoal e profissionalmente.	5,53	,816	5,39	,581
	9 - Sou capaz de analisar velhos problemas de novas maneiras.	5,02	,900	5,09	,706
	10 - Procuro todas as informações de que preciso para saber mais.	4,94	,924	4,94	,906
	11 - Procuro aprender em todas as situações.	5,19	,990	5,17	,808
	12 - Sou capaz de aprender a ultrapassar as dificuldades que me surgem.	4,88	,807	4,73	,963
Iniciativa na Aprendizagem	14 - Oriento as minhas aprendizagens em função de problemas concretos.	4,86	,924	4,83	,918
	15 - Tenho em conta a minha experiência quando escolho novas aprendizagens	4,89	,945	4,75	,797
	16 - Sou capaz de decidir o que devo aprender.	4,42	1,193	4,61	1,002
	17 - Dirijo as minhas aprendizagens para o que me é útil.	4,66	1,288	4,81	,957
	18 - Sou responsável pelas minhas aprendizagens.	5,00	,816	5,13	,766
	19 - Sou capaz de gerir cada vez melhor as minhas aprendizagens.	4,78	,951	4,94	,889
Autonomia na Aprendizagem	13 - Aprendo melhor aquilo que preciso para executar bem o meu trabalho.	5,06	,871	5,06	,774
	20 - Aprendo bem aquilo que melhor me permite enfrentar situações reais.	4,92	,965	5,03	,835
	21 - A minha capacidade para aprender por mim mesmo está a aumentar.	5,03	,942	5,23	,811
	22 - Tenho vontade de aprender por mim mesmo.	5,05	,898	5,14	,732
	23 - Sou uma pessoa mais activa quando sei as razões do que vou aprender.	5,39	,884	5,45	,641
	24 - Sei melhor do que as outras pessoas o que preciso de aprender.	3,92	1,186	4,06	1,111

Avançamos para a análise da estatística inferencial, ainda com a expectativa baixa em relação a obter resultados estatisticamente significativos, visto que assim como para os resultados com a escala de motivação de realização, entendemos que para mensurar uma variável psicológica que depende em grande parte da experiência de vida do aluno como é a da autoaprendizagem, seria necessário mais tempo de experimento e uma amostra mais alargada. Vejamos as evidências.

A verificação de que se houve uma significativa melhora da autoaprendizagem nos alunos do pré-teste para o pós-teste deu-se por uso do teste de *t-Student* para amostras emparelhadas. Para validar o pressuposto da normalidade na distribuição das variáveis quer seja no pré-teste como no pós-teste, recorreu-se ao teste de *Kolmogorov-Smirnov* (KS $p_{\text{grupo1[pré]}} = 0,200$; KS $p_{\text{grupo1[pós]}} = 0,163$; KS $p_{\text{grupo2[pré]}} = 0,061$; KS $p_{\text{grupo2[pós]}} = 0,129$). E ainda fez-se valer do teste de Levene para verificar se existia homogeneidade das variâncias na amostra da distribuição, confirmado pelo valor de p apresentado sempre superior a 0,05 ($p > 0,05$), visto no Quadro 45.

Quadro 45

Teste de Homogeneidade da Variância para a variável Autoaprendizagem

	Experimento	Levene Statistic	Sig.
Pré-Teste	Based on Mean	,564	,455
	Based on Median	,480	,491
Pós-Teste	Based on Mean	,376	,542
	Based on Median	,353	,555

No Quadro 46 vemos a estatística de teste é $t(63) = -0,664$, sendo o p-value para p teste bilateral (Sig. 2-tailed) igual a $p = 0,509$, obtendo assim um p-value final de $p = 0,254$ ($p > 0,05$), logo estatisticamente não significativo.

Quadro 46

Teste t para Amostras Emparelhadas para a EAA

Experimento	Mean	Std. Deviation	Std. Erros Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
(Pré) – (Pós)	-,0475	,5724	,0716	-,1905	,0955	-,664	63	,509

Uma vez que $p_{UD} = 0,254 > \alpha = 0,05$ assume-se aceitar H_0 , logo, podemos finalmente concluir que para $\alpha = 0,254$ a autoaprendizagem média no final do experimento não é significativamente superior à autoaprendizagem média no início do experimento. A Figura 51. Boxplot das médias pré-teste e pós-teste da autoaprendizagem ilustra as representações gráficas para estes resultados.

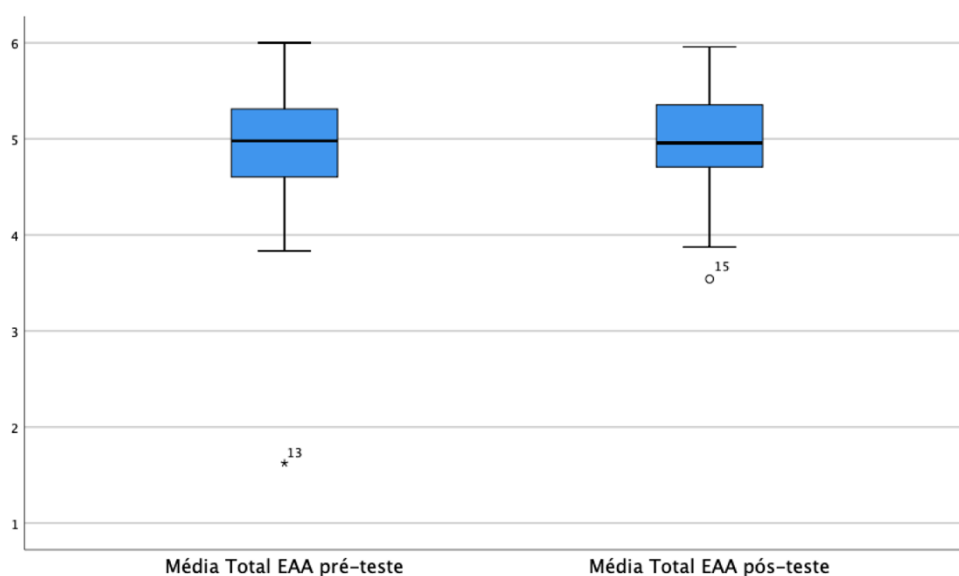


Figura 51. Boxplot das médias pré-teste e pós-teste da autoaprendizagem

O sujeito classificado com o número 13 aparece como *outlier* extremo, como pode ser observado nas Figura 51 e 52. Na situação observada na figura 51 e só no pré-teste a média dos valores deste participante foi de 1,63, o que o torna dispare em relação à média do grupo que foi de 4,95. É um valor atípico na distribuição o que nos poderia levar a excluir este

participante das análises posteriores. Contudo não o fizemos pois pareceu-nos que este resultado não iria interferir nas análises visto trata-se apenas de um caso.

Resolvemos então analisar a evolução dos dados para cada um dos três domínios desta EAA definidos para o constructo da autoaprendizagem. A estatística descritiva por fator ao longo do tempo mostrou que a autoaprendizagem média no início do experimento para o Domínio 1 (Aprendizagem Ativa) é de 5,06 (SD = 0,698) e no final é de 5,07 (SD = 0,578). Para o Domínio 2 (Iniciativa na Aprendizagem), em pré-teste, é de 4,76 (SD = 0,740) e pós-teste é de 4,84 (SD = 0,609). Por fim, para o terceiro fator Autonomia da Aprendizagem, em pré-teste, é de 4,89 (SD = 0,696) e pós-teste é de 5,00 (SD = 0,508).

No Quadro 47 vemos a média entre as variáveis (*Mean*), o desvio-padrão da diferença (Std. Deviation) e o intervalo de confiança a 95%, para cada domínio em estudo. Para o Domínio 1, a estatística de teste é $t(63) = -0,086$, sendo o *p-value* para o teste bilateral (Sig. 2-tailed) igual a $p = 0,932$, obtendo assim um *p-value* final de $p = 0,466$.

Para o Domínio 2, a estatística de teste é $t(63) = -0,988$, sendo o *p-value* para o teste bilateral (Sig. 2-tailed) igual a $p = 0,327$, obtendo assim um *p-value* final de $p = 0,163$. E por fim para o Domínio 3, a estatística de teste é $t(63) = -1,183$, sendo o *p-value* para o teste bilateral (Sig. 2-tailed) igual a $p = 0,241$, obtendo assim um *p-value* final de $p = 0,120$.

Quadro 47

Teste t das Amostras Emparelhadas para a EAA, por domínio

Experimento	Mean	Std. Deviation	Std. Erros Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
				Lower	Upper			
Dom. 1 (Pré)	-,0065	,6064	,0758	-,1580	,1449	-,086	63	,932
Dom. 2 –	-,0755	,6114	,0764	-,2282	,0772	-,988	63	,327
Dom. 3 (Pós)	-,1015	,6866	,0858	-,2730	,0699	-1,183	63	,241

Percebemos uma melhoria estatística na autoaprendizagem entre os dois momentos da coleta dos dados, antes e após a intervenção em pré-teste e pós-teste, nos três domínios, porém todos sem significância estatística ($p > 0,05$). A Figura 52. Boxplot por domínios em pré-teste e pós-teste da EAA ilustra as representações gráficas significativas destes resultados.

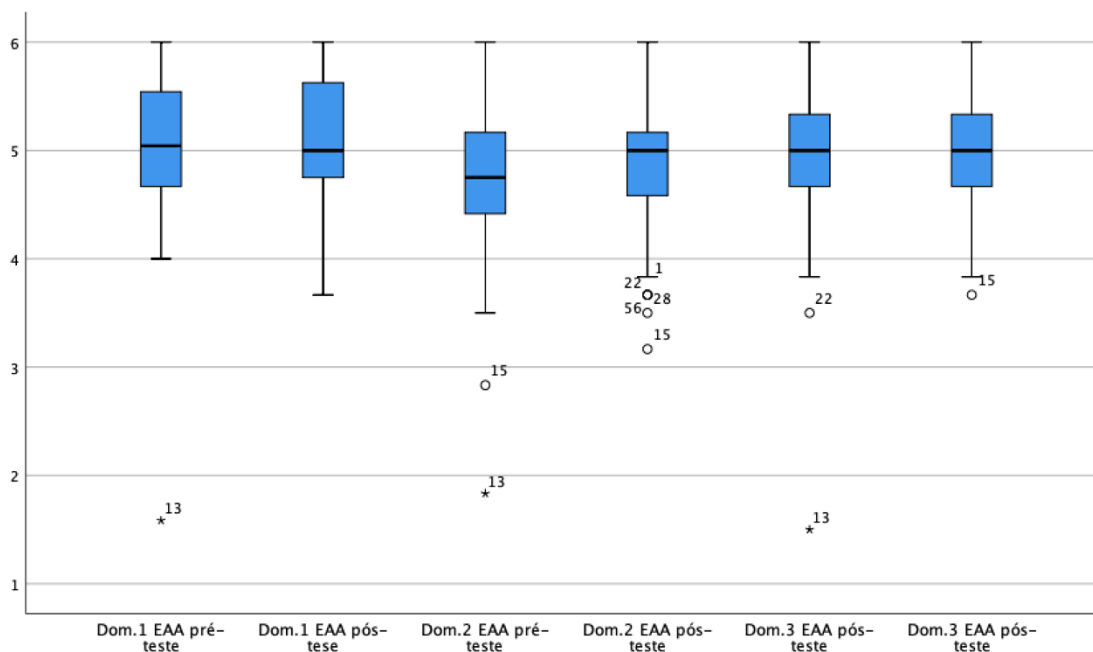


Figura 52. Boxplot por domínios em pré-teste e pós-teste da EAA

Os resultados do Domínio 3 “Autonomia na Aprendizagem” apresentou as maiores diferenças entre médias. Em sua definição, relembramos que o Domínio 3 avalia a autonomia nas aprendizagens em função das necessidades pessoais. Resolvemos analisar os resultados item a item (13, 20, 21, 22, 23 e 24). Verificaram-se alterações em termos de valores médios nos dois momentos da avaliação. O Quadro 48 apresenta além das médias os valores p de cada item desta dimensão.

Quadro 48

Dimensão Autonomia na Aprendizagem - EAA

itens	Pré-Teste		Pós-Teste		<i>p</i>
	M	DP	M	DP	
Item 13	5,06	,871	5,06	,774	,686
Item 20	4,92	,965	5,03	,835	,662
Item 21	5,03	,942	5,23	,811	,542
Item 22	5,05	,898	5,14	,732	,498
Item 23	5,39	,884	5,45	,641	,789
Item 24	3,92	1,186	4,06	1,111	,186

Vemos que somente o item 13 (Quadro 48) não apresentou uma melhoria, isto é, tanto no primeiro momento como no segundo os sujeitos responderam “5 – Concordo” para a afirmação “Aprendo melhor aquilo que preciso para executar bem o meu trabalho.”

Contudo o item 20 (Quadro 48) que diz que “Aprendo bem aquilo que melhor me permite enfrentar situações reais”, no primeiro momento os sujeitos responderam “4 – Concordo Parcialmente” e no segundo “5 - Concordo”, mostrando que instruções que lhes dão oportunidades de práticas da vida real lhe são mais indicadas.

Porém o item que melhor apresentou evolução foi o 24 (Quadro 48). No primeiro momento os respondentes alegaram que “3 – Discordo Parcialmente” para a afirmação que trata “Sei melhor do que as outras pessoas o que preciso de aprender”, para uma avaliação de “4 – Concordo Parcialmente” no segundo momento, pós-teste.

Em síntese: Não se registaram diferenças estatisticamente significativas do pré-teste para o pós-teste no que à percepção de autoaprendizagem diz respeito. As variáveis psicológicas, como a motivação de realização e a percepção de autoaprendizagem, talvez sejam apenas modificáveis com experiências de mais longa duração, pois dependem de todo um historial pessoal. Além disso as amostras com que trabalhamos são reduzidas o que conduz a que as pequenas diferenças nas médias do pré-teste para o pós-teste não apresentassem

significância estatística. Tivemos que aceitar a H_0 , quer dizer, não se registam diferenças significativas do pré para o pós-teste no que respeita à percepção de autoaprendizagem.

Escala de Esforço Mental

Neste estudo optou-se por aplicar a escala de esforço mental em dois momentos: no fim da realização da tarefa de aquisição de conhecimentos e no final da realização da tarefa de transferência de conhecimentos, com a intenção de responder à questão levantada de verificar se existe uma percepção de mudança do esforço mental dos alunos após terem participado no experimento.

A seguir iremos expor os resultados da estatística descritiva (média, desvio-padrão, nota mínima e máxima) obtidos com a EEM para os testes de aquisição e transferência de conhecimentos aplicados nesta investigação.

Quadro 49

Estatística Descritiva para os Testes de Conhecimento

	Grupo do Experimento		Grupo de Controlo	Grupo Experimental
Esforço Mental para Aquisição de Conhecimento	Grupo 1 - Listas	Mean	6,41	5,35
		Std. Deviation	1,581	1,641
		Minimum	2	2
		Maximum	9	8
	Grupo 2 - Funções	Mean	5,30	4,00
		Std. Deviation	1,363	1,897
		Minimum	2	1
		Maximum	7	8
Esforço Mental para Transferência de Conhecimento	Grupo 1 – Listas	Mean	7,51	7,09
		Std. Deviation	1,207	1,240
		Minimum	4	5
		Maximum	9	9
	Grupo 2 - Funções	Mean	7,87	6,63
		Std. Deviation	,968	1,462
		Minimum	6	3
		Maximum	9	9

Nota: EEM é uma escala de índice com 9 pontos.

Ao analisar o Quadro 49 vemos que houve mudanças entre os resultados das médias e desvio-padrão coletados quando comparamos o grupo de controlo e o grupo experimental, quer seja para o teste de aquisição de conhecimento quer para o de transferência, a favor do grupo experimental. Verificamos que os valores médios para o Grupo 2 – Funções foram os que mais apresentaram melhoras em ambos os testes. O Grupo 2 – Funções apresentou um valor próximo de 8, o que significa um esforço mental muito elevado para o grupo de controlo, e de cerca de 6,5 (esforço mental relativamente elevado) para o grupo experimental na prova de transferência de conhecimento.

Avançamos então para validar o pressuposto da normalidade na distribuição dos dados para as provas de Aquisição e de Transferência de Conhecimentos. Recorreu-se ao Teste de

Kolmogorov-Smirnov nos dois momentos da coleta dos dados, para o grupo de controle e o grupo experimental, e ainda recorremos ao teste de Levene para verificar se as variâncias se apresentavam homogêneas.

O Quadro 50 e Quadro 51 vemos que para o Grupo 1 – Listas aplicam uma distribuição não normal dos dados ($p \leq 0,05$) e que as variâncias são homogêneas ($p > 0,05$), em ambos os testes (aquisição e transferência) e grupos (controle e experimental). Desta forma resolvemos aplicar o teste de t-Student para amostras independentes a que a estatística de teste a utilizar para o teste de t-Student é a que assume variâncias iguais (“Equals variances assumed”), dado que o pressuposto da normalidade não é cumprido em toda a amostra, mas se confere a homogeneidade de variância, e ainda, entende-se ser um teste robusto à violação da normalidade quando os valores de skewness e kurtosis não são elevados, como é este caso (Marôco, 2014, p. 203).

Quadro 50

Teste de Normalidade da variável de Esforço Mental para o Grupo 1- Listas

		Kolmogorov-Smirnova		
		Statistic	df	Sig.
Esforço Mental para Aquisição de Conhecimento	Grupo de Controle	,303	41	,000
	Grupo Experimental	,199	23	,019
Esforço Mental para Transferência de Conhecimento	Grupo de Controle	,218	41	,000
	Grupo Experimental	,180	23	,051

Quadro 51

Teste de Homogeneidade da Variância do Esforço Mental do Grupo 1- Listas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Esforço Mental para	Based on Mean	,140	1	62	,709
Aquisição de Conhecimento	Based on Median	,519	1	62	,474
Esforço Mental para	Based on Mean	,056	1	62	,814
Transferência de Conhecimento	Based on Median	,114	1	62	,737

Ao analisar agora os resultados obtidos para o Grupo 2 – Funções no Quadro 52 e Quadro 53, pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov* verificamos também que os dados se apresentam em uma distribuição não normal ($p \leq 0,05$), contudo neste caso não há homogeneidade da variância sendo $p\text{-value} = 0,02$ e $p\text{-value} = 0,47$ para os testes de aquisição e transferência de conhecimento respectivamente. Desta forma para o Grupo 2 – Funções resolvemos aplicar um teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Quadro 52

Teste de Normalidade do Esforço Mental para o Grupo 2 – Funções

		Kolmogorov-Smirnova		
		Statistic	df	Sig.
Esforço Mental para Aquisição de Conhecimento	Grupo de Controle	,238	23	,002
	Grupo Experimental	,164	41	,007
Esforço Mental para Transferência de Conhecimento	Grupo de Controle	,250	23	,001
	Grupo Experimental	,184	41	,001

Quadro 53

Teste de Homogeneidade da Variância para o Esforço Mental do Grupo 2 - Funções

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Esforço Mental para	Based on Mean	5,522	1	62	,002
Aquisição de Conhecimento	Based on Median	5,881	1	62	,018
Esforço Mental para	Based on Mean	4,091	1	62	,047

Transferência de Conhecimento	Based on Median	2,208	1	62	,147
-------------------------------	-----------------	-------	---	----	------

Vejam os então as evidências que se apresentam da análise dos resultados com a estatística inferencial para verificar se houve uma mudança na percepção do esforço mental dos alunos nas provas de aquisição e transferência de conhecimentos: Listas e Funções, entre o grupo experimental e o grupo de controle.

Analisando o teste *t-Student* para amostras independentes no Grupo 1 – Listas observamos no Quadro 54 de descritivas, que as médias do grupo de controle é 6,41 (SEM = 1,581) que representa um esforço mental relativamente elevado e para o grupo experimental 5,35 (SEM = 1,641) um esforço mental mediano. Vemos neste caso uma melhora na percepção do esforço mental.

Quadro 54

Descritivas do teste t para Aquisição de Conhecimento no Grupo 1 – Listas

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Teste de Aquisição de Conhecimento	Grupo de Controle	41	6,41	1,581	,247
	Grupo Experimental	23	5,35	1,641	,342

Avançamos para verificar a igualdade de variância pelo teste de Levene, visto no Quadro 55, com um alfa de 0,709, isto é, não estatisticamente significativo logo consideramos que o teste de *t-Student* é a que assume variâncias iguais, como era de se esperar. Ao ler o teste *t* vemos um valor de $t(62) = 2,556$ com um nível de significância de 0,013, isto é, estatisticamente significativo e o que nos permite confirmar que existe uma diferença na percepção do esforço mental, para o teste de aquisição de conhecimento, em favor do grupo experimental no experimento realizado com o Grupo 1 - Listas. Com este resultado temos que rejeitar a H_0 e aceitar a nossa hipótese H_1 .

Quadro 55

t-Student Amostras Independentes na Aquisição de Conhecimento no Grupo 1 – Listas

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
,140	,709	2,556	62	,013	1,067	,417

Note: Equal variances assumed

Ao analisar agora o teste de transferência de conhecimentos ainda no Grupo 1 – Listas, obtivemos resultados divergentes aos do teste de aquisição de conhecimento acima.

Utilizando também o teste *t-Student* para amostras independentes, e as descritivas nos mostram que em média não houve mudança significativa na percepção do esforço mental empregado, dado que ambos os grupos (controlo e experimental) consideraram um esforço de grau 7 (esforço mental elevado).

Com o teste de Levene para verificar a igualdade de variância, obtivemos um $p = 0,814$ não estatisticamente significativo, que nos levou também a considerar que o teste de *t-Student* é a que assume variâncias iguais, em que apresentou um $t(62) = 1,339$ com um $p = 0,185$. Isto posto, para o teste de transferência de conhecimentos do Grupo 1 – Listas verificamos que não houve uma diferença estatisticamente significativa na percepção do esforço mental entre os grupos de controlo e experimental, em que se assume a hipótese nula.

Prosseguimos com as análises agora para o Grupo 2 – Funções. A iniciar pelo teste de aquisição de conhecimento observamos que as médias obtidas com a análise descritiva, em que o grupo de controlo apresentou um valor de 5,30 (SEM = 1,363), isto é, um esforço mental mediano, e para o grupo experimental 4,00 (SEM = 1,897) um esforço mental pequeno. Neste caso notamos uma melhora na percepção do esforço mental entre os grupos de controlo e experimental.

Para o teste de transferência de conhecimentos do Grupo 2 – Funções as descritivas nos mostram que em média houve mudança significativa na percepção do esforço mental empregado, em favor do grupo experimental em relação ao grupo de controlo. Para o grupo de controlo observamos um valor de 8 (esforço mental muito elevado), enquanto para o grupo experimental os respondentes consideraram um esforço de grau 7 (esforço mental elevado).

Continuámos com as análises do Grupo 2 – Funções, relembramos que para este caso aplicámos a ANOVA de Kruskal-Wallis. Sabemos que em estudos como este que propomos poderíamos recorrer a um teste paramétrico ANOVA *one-way*, caso se verificassem as condições de sua aplicação, isto é, uma distribuição normal dos dados e se as variâncias fossem homogêneas, o que não se configurou em nosso experimento neste caso. Desta forma aplicar a ANOVA de Kruskal-Wallis não se enquadra como uma alternativa, mas sim como o teste mais adequado a nossa escala de medida. (Marôco, 2014, p. 320).

Pelo teste da ANOVA de Kruskal-Wallis foi possível concluir que tanto para o teste de aquisição como para o teste de transferência de conhecimento há uma mudança na percepção do esforço mental em favor do grupo experimental, verificado pelo $p\text{-value} = 0,007$ para o teste de aquisição e $p\text{-value} = 0,001$ para o teste de transferência. Assim rejeitamos H_0 e devemos aceitar a nossa hipótese H_1 . A Figura 53, Figura 54 e Figura 55 fortificam nossa conclusão ao apresentar o teste de hipóteses o qual realizámos uma comparação múltipla das médias das ordens, que de acordo com Marôco (2014) “este procedimento deve fazer-se apenas após se ter rejeitado H_0 no teste de Kruskal-Wallis. Esta ordem de análise protege o analista do acréscimo dos erros do tipo I e do tipo II que, geralmente, se observa nos procedimentos de comparações múltiplas.” (p. 322).

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of Valor na escala do teste de aquisicao is the same across categories of Grupo em que pertenceu.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.007	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of Valor na escala do teste de transferencia is the same across categories of Grupo em que pertenceu.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.001	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Figura 53. Sumário de teste de hipóteses para o Grupo 2 – Funções

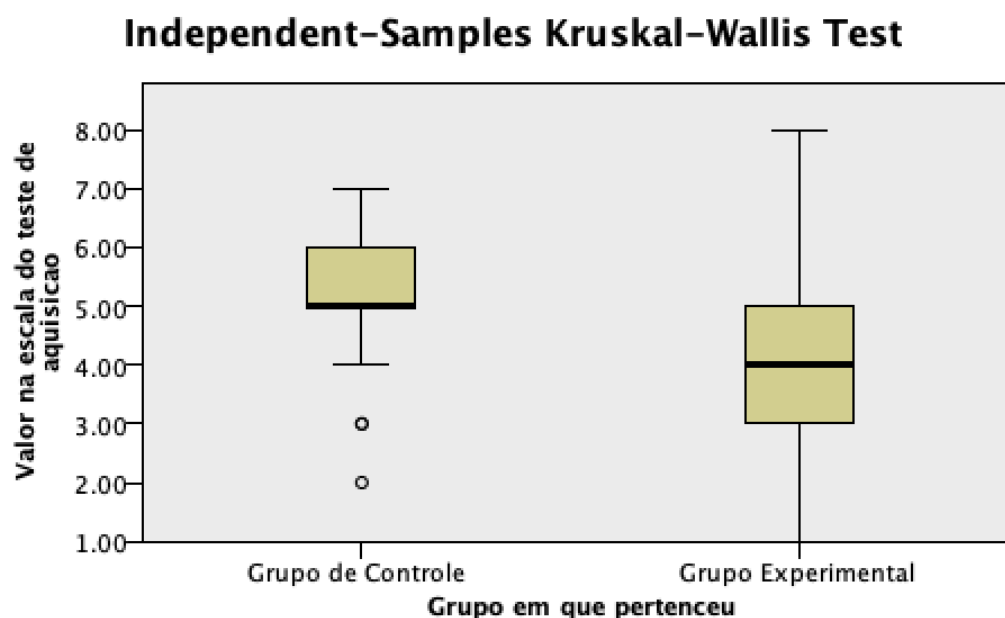


Figura 54. Boxplot Kruskal-Wallis Aquisição de Conhecimento Grupo 2 - Funções

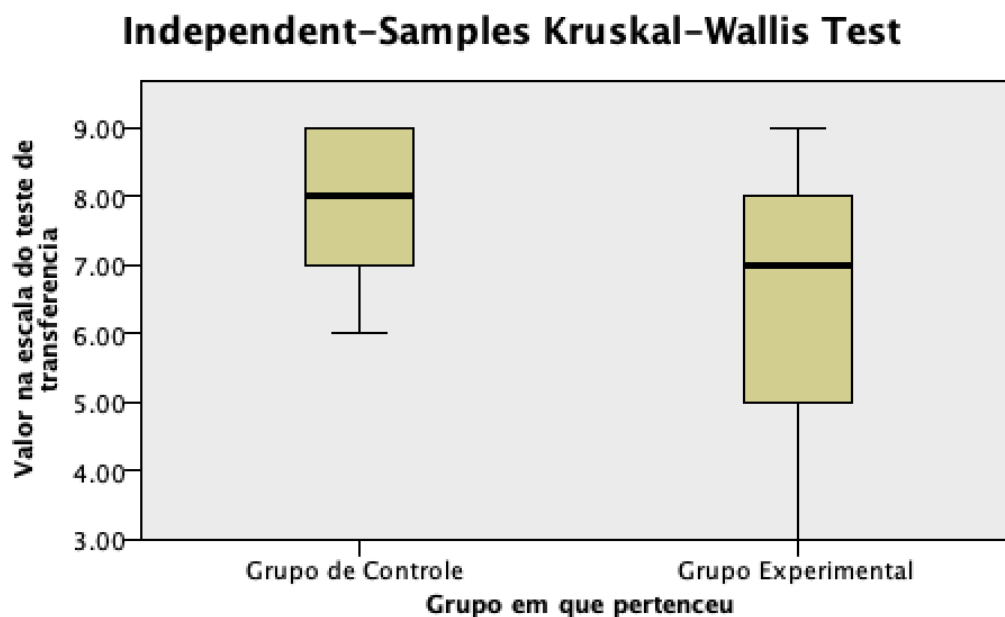


Figura 55. Boxplot Kruskal-Wallis Transferência de Conhecimento Grupo 2 – Funções

Em síntese: O esforço mental percebido pelos estudantes que integraram as situações experimentais onde foi usado o modelo 4C/ID foi menor do que a dos estudantes que integraram as situações convencionais de ensino, quer na prova de aquisição de conhecimentos quer na de transferência. Isto leva-nos a aceitar a nossa hipótese e a concluir que o modelo 4C/ID foi vantajoso para os estudantes que foram ensinados pelo modelo 4C/ID. Estes perceberam um menor esforço mental na resolução das tarefas propostas do que os seus pares que foram ensinados com o método convencional.

Aquisição e Transferência de Conhecimentos

Com o uso do ambiente online concebido nesta investigação para instruir os alunos sobre programação computacional em linguagem textual Python, formulámos a hipótese de que os alunos que usaram o modelo instrutivo 4C/ID teriam resultados mais positivos do que os alunos instruídos pelo modelo convencional, quer seja para a prova de aquisição quer para a prova de transferência de conhecimentos.

Iremos apresentar primeiro as estatísticas descritivas (média, desvio padrão, nota máxima e mínima) obtidas pelos sujeitos nas provas de aquisição e transferência de conhecimento, quer seja do Grupo1 - Listas como do Grupo2 - Funções, para o grupo de controlo e para o grupo experimental, e os gráficos que ilustram estes resultados.

No Quadro 56 é possível confrontar os valores da média e do desvio padrão, nota máxima e mínima obtidas pelos grupos do experimento enquanto grupo de controlo e experimental.

Em todas as situações as classificações obtidas pelos estudantes do grupo experimental, quer dizer, os que usaram o modelo 4C/ID para aprender Listas e Funções, são mais elevadas face aos estudantes que integraram o grupo de controlo, i.e., aprenderam pelo método convencional. O melhor resultado foi obtido pelo Grupo 2 – Funções na prova de aquisição de conhecimento, com uma média de 18,317 para o grupo de experimental face a 12,478 obtido pelo grupo controlo.

Quadro 56

Estatística Descritiva das provas de Conhecimento

	Grupo do Experimento		Grupo de Controlo	Grupo Experimental
Nota da Prova Aquisição de Conhecimento	Grupo 1 - Listas	Mean	13,561	18,348
		Std. Deviation	3,599	2,249
		Minimum	0	13
		Maximum	20	20
	Grupo 2 - Funções	Mean	12,478	18,317
		Std. Deviation	5,080	2,602
		Minimum	0	10
		Maximum	20	20
Nota da Prova Transferência de Conhecimento	Grupo 1 - Listas	Mean	9,463	11,913
		Std. Deviation	6,313	6,185
		Minimum	0	0
		Maximum	20	20
	Grupo 2 - Funções	Mean	9,217	12,479
		Std. Deviation	5,752	5,240
		Minimum	0	0
		Maximum	18	20

Passamos agora analisar os resultados da estatística inferencial para avaliar se os alunos que usaram o modelo 4C/ID por meio do ambiente online de instrução, obtiveram resultados estatisticamente significativos, em relação aos alunos ensinados pelo modelo convencional, quer seja nos testes de aquisição, quer seja nos testes de transferência de conhecimentos.

Trabalharemos inicialmente com os resultados do Grupo 1 - Listas. No Quadro 57 e Quadro 58 pode-se observar que os dados se apresentam em uma distribuição não normal ($p \leq 0,05$), aferido pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*, contudo se verifica homogeneidade das variâncias ($p > 0,05$), aferido pelo Teste de Levene, quer seja para os testes de aquisição como para os testes transferência de conhecimentos. Desta forma resolvemos aplicar o teste de *t*-

Student para amostras independentes dado que o pressuposto da normalidade não é cumprido em toda a amostra, por mais que se confira a homogeneidade de variância.

Quadro 57

Teste de Normalidade na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 1 – Lista

		Kolmogorov-Smirnova		
		Statistic	df	Sig.
Notas nos Testes para Aquisição de Conhecimento	Grupo de Controle	,143	41	,034
	Grupo Experimental	,334	23	,000
Notas nos Testes para Transferência de Conhecimento	Grupo de Controle	,144	41	,033
	Grupo Experimental	,180	23	,051

Quadro 58

Teste de Homogeneidade da Variância na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 1 – Listas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Notas nos Testes para Aquisição de Conhecimento	Based on Mean	2,104	1	62	,152
	Based on Median	2,497	1	62	,119
Notas nos Testes para Transferência de Conhecimento	Based on Mean	,010	1	62	,922
	Based on Median	,003	1	62	,955

Vejamos então as evidências que se apresentam da análise dos resultados com a estatística inferencial para verificar se houve uma melhora no desempenho dos alunos com os testes de aquisição de conhecimento. De acordo com o teste *t-Student* para amostras independentes as diferenças observadas entre os valores médios no teste de aquisição de conhecimento são estatisticamente significativas $t(62) = - 5,767$, sendo o $p\text{-value} \leq 0,05$. Observação não conferida para o teste de transferência de conhecimentos, visto os resultados obtidos com o teste *t-Student* para amostras independentes com um $t(62) = - 1,500$ apresenta um $p\text{-value} = 0,139$.

Quadro 59

t-student para Amostras Independentes na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 1 – Listas

	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means				
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Provas Aquisição	2,104	,152	-5,767	62	,000	-4,787	,823
Provas Transferência	0,10	,922	-1,500	62	,139	-2,445	1,633

Note: Equal variances assumed

Com este resultado, para o teste de transferência de conhecimentos, temos que aceitar a H_0 e rejeitar a nossa hipótese H_1 . Contudo concluímos também que para $\alpha \leq 0,05$ há um desempenho médio positivo dos alunos em favor do grupo experimental, de acordo com os testes de aquisição de conhecimentos, neste caso se deve aceitar nossa H_1 , isto para o Grupo 1 – Listas. A Figura 56 e Figura 57 ilustram as representações gráficas significativas para os resultados.

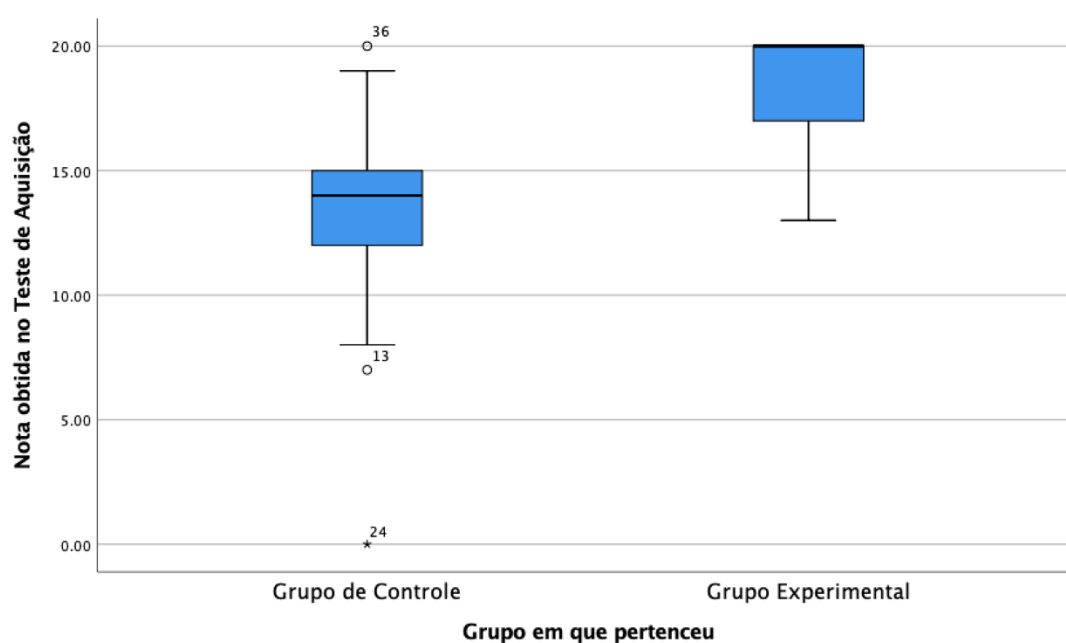


Figura 56. Boxplot da Aquisição de Conhecimento – Grupo 1 - Listas

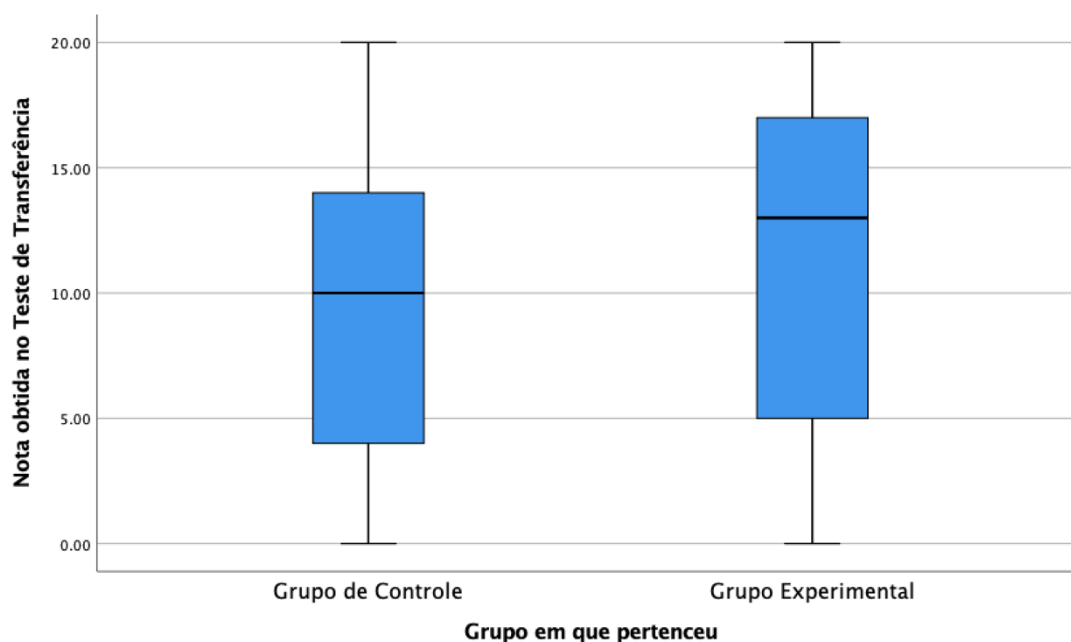


Figura 57. Boxplot da Transferência de Conhecimento – Grupo 1 - Listas

Trabalharemos agora com os resultados do Grupo 2 – Funções, que se assemelham aos resultados obtidos com os do Grupo 1. Verificámos se os dados cumpriam os pressupostos da normalidade e da homogeneidade das variâncias. No Quadro 60 e Quadro 61 pode-se observar que semelhante ao Grupo 1 – Listas para o Grupo 2 – Funções, há uma distribuição não normal dos dados ($p \leq 0,05$), aferido pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, porém se verifica uma homogeneidade das variâncias ($p > 0.05$), aferido pelo Teste de Levene, nos testes de aquisição e transferência de conhecimentos para o Grupo 2 – Funções. Desta forma resolvemos aplicar igualmente o teste de t- Student para amostras independentes dado que o pressuposto da normalidade não é cumprido em toda a amostra, por mais que se confere a homogeneidade de variância.

Quadro 60

*Teste de Normalidade na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 2 –**Funções*

		Kolmogorov-Smirnova		
		Statistic	df	Sig.
Notas nos Testes para Aquisição de Conhecimento	Grupo de Controle	,367	23	,000
	Grupo Experimental	,351	41	,000
Notas nos Testes para Transferência de Conhecimento	Grupo de Controle	,206	23	,012
	Grupo Experimental	,147	41	,026

Quadro 61

Teste de Homogeneidade da Variância na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 2 - Funções

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Notas nos Testes para Aquisição de Conhecimento	Based on Mean	2,254	1	62	,138
	Based on Median	1,657	1	62	,203
Notas nos Testes para Transferência de Conhecimento	Based on Mean	,456	1	62	,502
	Based on Median	,204	1	62	,653

Para verificar se houve uma melhora no desempenho dos alunos com os testes de aquisição de conhecimento, passamos para as evidências obtidas da análise dos resultados com a estatística inferencial com o teste *t-Student* para amostras independentes.

De acordo com o teste *t-Student* as diferenças observadas entre os valores médios no teste de aquisição de conhecimento são estatisticamente significativas $t(62) = -6,094$, sendo o $p\text{-value} \leq 0,05$. Assim também para o teste de transferência de conhecimentos, visto os resultados obtidos com o teste *t-Student* para amostras independentes com um $t(62) = -2,313$ apresenta um $p\text{-value} = 0,024$.

Quadro 62

t-student para Amostras Independentes na Aquisição e Transferência de Conhecimento para o Grupo 2 - Funções

Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means				
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Provas Aquisição	2,254	,138	-6,094	62	,000	-5,834	,958
Provas Transferência	,456	,502	-2,313	62	,024	-3,270	1,413

Note: Equal variances assumed

Com este resultado concluímos que para $\alpha \leq 0,05$ há um desempenho médio positivo dos alunos em favor do grupo experimental, de acordo com os testes de aquisição e transferência de conhecimentos, em que devemos aceitar a nossa H_1 e rejeitar hipótese H_0 .

Concluímos então que os resultados com a estatística inferencial inclinam a aceitar H_1 para os testes de aquisição de conhecimento quer seja para o Grupo 1 – Listas ou Grupo 2 – Funções, aceitar H_1 para o teste de transferência de conhecimentos para o Grupo 2 - Funções, e somente aceitar H_0 para os testes de transferência de conhecimentos para o Grupo 1 – Listas. E a estatística descritiva dá-nos que as notas obtidas pelo grupo experimental foram melhores em relação as notas obtidas pelos grupos de controlo em ambos grupo de experimento (1 ou 2), e ainda, com um esforço mental percecionado menor. O Quadro 63 nos apresenta esta síntese.

Quadro 63

Síntese da Aquisição e Transferência de Conhecimentos

Grupo do Experimento			Grupo de Controlo	Grupo Experimental
Aquisição de Conhecimento	Grupo 1 - Listas	Esforço Mental Percecionado	6	5
		Nota no Teste	13,6	18,3
	Grupo 2 - Funções	Esforço Mental Percecionado	5	4
		Nota no Teste	12,5	18,3
Transferência de Conhecimento	Grupo 1 - Listas	Esforço Mental Percecionado	7	7
		Nota no Teste	9,5	11,9
	Grupo 2 - Funções	Esforço Mental Percecionado	8	7
		Nota no Teste	9,2	12,5

Análise de Conteúdo: Entrevista Semiestruturada

Nesta investigação a entrevista semiestruturada foi dirigida e aplicada diretamente ao professor da disciplina de programação de computadores para arquitetos, o qual lecionou os conteúdos desta componente curricular junto dos alunos do Instituto Superior Técnico de Lisboa, e dos alunos do curso de inverno da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo na UNICAMP.

A entrevista semiestruturada teve como finalidade recolher dados de opinião que viessem a fornecer pistas para caracterização do estudo, em especial identificar as dificuldades em aprender a programação de computadores em linguagem textual, na perspetiva do professor, compartilhando assim com as ideias de Estrela (1994).

A utilização da entrevista do tipo semiestruturada teve como motivação a liberdade que o entrevistador tem para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada, como uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas foram abertas e respondidas em uma conversação informal. (Marconi e Lakatos, 2010, p. 180).

O guião da entrevista semiestruturada (ver *Apêndice I*) foi dividido em quatro blocos: I – Caracterização do Entrevistado; II – O Papel do Aluno/Aprendiz; III – Método de Ensino e IV – Finalização.

A entrevista realizou-se ao dia 29 de julho de 2017 com início às 11 horas e término às 11:35h. No fim da entrevista realizou-se a leitura detalhada das respostas do professor em busca de elucidar qualitativamente do que trata sua fala. A técnica adotada foi Análise de Conteúdo que organizamos, sintetizamos e mostramos logo a seguir.

O primeiro bloco da entrevista tratou da caracterização do entrevistado. Relembremos que obtivemos a autorização do mesmo para usar os dados neste estudo (Apêndice B. Autorização para mencionar o nome neste estudo). Nosso entrevistado é Professor Doutor do género masculino, 51 anos de idade, com formação académica em Engenharias e com tempo de exercício docente entre 11 e 20 anos.

O segundo bloco de entrevista voltou-se a perceber o que o professor alega ser importante na atuação do aluno no processo de aprendizagem de CAD com linguagem de programação textual. No que diz respeito ao nível de conhecimentos em programação de computadores em linguagem de programação textual dos alunos que iniciam a disciplina, o professor alegou que para perceber esse nível, no início da disciplina faz perguntas para que cada um diga se já traz consigo algum conhecimento em linguagem de programação, e caso afirmativo, quais seriam essas linguagens. Comentou ainda, que durante as aulas iniciais, vai atestando esses conhecimentos pela forma como o aluno faz as perguntas e o qual o grau de experiência em programação textual que os alunos têm durante o esclarecimento de dúvidas.

O professor referiu ainda que gostaria que os alunos iniciassem a disciplina com conhecimentos prévios e bons conhecimentos de álgebra, geometria, trigonometria e geometria analítica. Bons conhecimentos de CAD numa ótica de utilizador. E que

finalizassem a disciplina com bons conhecimentos de programação no paradigma funcional e de estruturas de dados, componentes esses básicos para um programador nas fases iniciais de formação.

No que diz respeito à percepção do professor em relação à motivação dos alunos durante a disciplina, disse que depende do aluno. Uns ganham e outros perdem a motivação para estudar os conteúdos da disciplina. No entanto, referiu que, de acordo com sua observação, os alunos estão pouco motivados para estudar a programação de computadores.

O Bloco III do guião da entrevista refere o método de ensino praticado pelo professor a os objetivos que pretende atingir. Mais especificamente, pretendemos saber a opinião do professor sobre o conteúdo programático da disciplina e a imagem geral que o professor tem do ensino de CAD com linguagem de programação textual.

No que diz respeito ao programa da disciplina o professor avaliou-o como sendo um pouco extenso. Alegou que é difícil equilibrar a explicação detalhada com a variedade de tópicos que podem interessar ao aluno. Sugeriu que com dois semestres seria possível incluir um pouco mais de matéria, mas, em simultâneo, seria mais fácil dar a matéria mais pausadamente. Contudo, o professor alegou ter autonomia para modificar o programa da disciplina, e que é uma prática que ele faz, pois vai substituindo ou eliminando alguns exemplos que consomem muito tempo, e que quando sobra tempo suficiente inclui um tópico de otimização.

Quanto à avaliação do professor sobre o programa da disciplina de CAD em linguagem de programação textual, e tendo como referência as aulas práticas, o professor referiu que promove a adoção de práticas mais eficientes e mais rigorosas, bem como uma exploração mais vasta do espaço do problema, e que ensina os alunos uma nova abordagem para a resolução dos problemas.

Para atender ao segundo objetivo do terceiro bloco da entrevista, o de perceber qual a imagem geral que o professor tem do ensino de CAD com linguagem de programação textual, quando comparado com a análise de outros métodos de ensino de CAD com TPL, o professor alegou ter visto ser pouco estimulante para o professor o facto do atual método “prender” os alunos a uma só linguagem/CAD, não capacitando para a resolução de problemas mais complexos. Para o professor o método de ensino que ele usa é mais estimulante, pois aborda métodos poderosos de resolução de problemas, o que facilita a transição para linguagens e ambientes diferentes e permite aos alunos resolverem problemas complexos.

De uma maneira geral o professor alegou que mudaria a atual linguagem de programação textual, a Python. Para o professor, se não fosse o facto de a Python ser uma das linguagens mais usadas no mundo, mudaria para uma que fosse mais expressiva e não tivesse os problemas de compatibilidade da Python. Mudaria ainda alguns exemplos de aplicação para ficarem mais apelativos aos arquitetos e designers. De facto, o que percebemos foi que o professor no ano seguinte mudou a linguagem para Julia. Uma linguagem também textual criada pelo MIT que usa o despacho múltiplo como um paradigma, facilitando a expressão de muitos padrões de programação funcional e orientada a objetos. A biblioteca padrão fornece I/O assíncrona, controle de processo, criação de log, criação de perfil, um gerenciador de pacotes entre outras facilidades.

Em relação à questão de extrair o melhor dos alunos o professor referiu que, em alguns casos, consegue em outros nem tanto, até porque é difícil ser interessante para todos os alunos. Mas que o professor salientou foi o facto de ser muito importante considerar utilizar outros modelos de ensino. Segundo ele nem todos os alunos se dão bem com o mesmo método e, por isso, a existência de métodos alternativos (online, por exemplo) pode ser uma grande ajuda para esses alunos.

Conclusões e Reflexões Finais

As reflexões finais que tecemos nesta secção decorrem dos objetivos, questões e hipóteses de investigação que formulámos e dos resultados obtidos no trabalho empírico, interpretados à luz da revisão de literatura realizada. Aqui redigimos os principais resultados do estudo, as consequências práticas e suas limitações, além de prospetar pistas para futuras investigações. Mas não se trata do fim desta investigação, mas como ponto de partida para avançar com novos estudos.

Principais Resultados

Os principais resultados obtidos nesta investigação são os produtos que atendem aos cinco objetivos que foram traçados e definidos na fase de estudo metodológico. Vejamos em detalhe a seguir.

O primeiro objetivo deste estudo foi o de desenvolver um ambiente instrutivo online capaz de possibilitar a criação de tarefas de aprendizagem com base no modelo 4C/ID. O ambiente instrutivo que utilizámos foi desenvolvido levando em consideração dois critérios: 1º. Critério Técnico e 2º. Critério Metodológico.

O primeiro esteve relacionado com questões técnicas das tecnologias que foram empregadas na conceção do ambiente online. Questões como a linguagem de marcação HTML 5.1 2nd Edition adotada que foi cuidadosamente utilizada tendo como referência as boas práticas definidas pela *World Wide Web Consortium* (W3C). A escolha de um Framework que fosse estável e de fácil interpretação e manutenção, neste caso utilizámos o *Bootstrap* por se tratar de um código-fonte aberto, baseado em modelos de design para a tipografia, o que oferece uma melhor experiência do usuário em ambiente amigável e responsivo.

Dada a expertise profissional do autor desta tese em questões relacionadas com o desenvolvimento de aplicações Web, foi escolhida uma linguagem de programação estável para a codificação do ambiente online como é o caso da PHP, a base de dados MySQL e o serviço de *Cloud Computing* utilizado na hospedagem desta solução computacional. Em termos tecnológicos, o desenvolvimento do ambiente instrutivo deveria atender às necessidades do segundo critério, o metodológico, que analisamos a seguir.

O segundo critério que adotámos na criação do ambiente foi o metodológico, isto é, que o ambiente desenvolvido fosse capaz de atender fidedignamente aos requisitos do modelo instrutivo 4C/ID. Desta forma o nosso ambiente instrutivo é capaz de criar tarefas de aprendizagem autênticas que integram problemas, projetos e estudos de caso, em que o aluno é convocado a relembrar o que já sabe sobre o assunto, pondo à prova os seus conhecimentos prévios, integrando habilidades e gerando novos conhecimentos.

O nosso ambiente instrutivo também apresenta informações de apoio constituídas por informações que ajudam o aluno a construir um novo ponto de vista, a partir dos conhecimentos prévios e o que precisa aprender para trabalhar as tarefas de aprendizagem. E a informação processual com instruções de “como fazer”, e que pode ser acedida pelos alunos quando necessário, como suporte para relembrar algum detalhe. E por fim um momento de teste que se relaciona com os aspetos de rotina das tarefas. A Prática nas Tarefas é apresentada como exercícios práticos, em que é trabalhada a autonomia do aluno. Primeiro objetivo desta tese foi atendido.

O segundo objetivo foi implementar o ambiente criado junto de duas turmas de arquitetura. Uma na FEC/UNICAMP em Brasil e outra no IST/ULISBOA em Lisboa.

Na FEC/UNICAMP o experimento ocorreu entre 17/07/2017 e 27/07/2017, contou com 19 alunos, e fez parte da disciplina de inverno AQ103 Tópicos especiais IV - Programação de

CAD do programa de pós-graduação Arquitetura, Tecnologia e Cidade financiado pela FAPESP (processo 2017/03243-2).

No IST/ULISBOA o experimento ocorreu entre 09/10/2017 e 24/10/2017, contou com 45 alunos do curso de licenciatura em arquitectura na disciplina Programação e Computação para Arquitectura. O segundo objetivo desta tese foi integralmente alcançado.

O terceiro objetivo de investigação foi avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem na motivação de realização com base na Teoria da Motivação de Realização. Relembramos que o constructo da motivação de realização é um modelo teórico pretendido “para explicar como o motivo para alcançar o sucesso e o motivo para evitar o fracasso influenciam o comportamento em uma situação onde o desempenho é avaliado tendo em vista alcançar um padrão de excelência.” (Atkinson, 1957, p. 371). Nesta fase buscámos responder à questão que levantamos de que os participantes nesta investigação iriam alterar a sua percepção de motivação de realização após terem participado na experiência de aprender programação informática usando o modelo instrutivo 4C/ID. Confrontando os valores obtidos da média e do desvio padrão, nota máxima e mínima na estatística descritivas percebemos que não houve mudança nos resultados entre o início e o final do experimento, entre o pré-teste e o pós-teste. Contudo, a estatística inferencial permitiu-nos validar o pressuposto da normalidade na distribuição dos dados e verificar a homogeneidade das variâncias na nossa distribuição apresentando um *p-value* sempre maior que 0,05. Contudo o teste estatístico que adotámos, o teste *t* de *Student* para amostras emparelhadas, mostrou-nos um resultado estatisticamente não significativo, o que nos levou a ter que aceitar a hipótese nula. Isto significa que a motivação de realização média no final do experimento foi idêntica à motivação de realização média no início do experimento. Interpretamos estes resultados obtidos ao nível da percepção da motivação de realização como necessitando, para se obterem modificações sensíveis à estatística inferencial com amostras de

pequena dimensão, como foi o nosso caso, de experiências que tenham uma maior duração. O terceiro objetivo desta tese foi parcialmente alcançado.

O penúltimo e quarto objetivo da investigação visou avaliar os efeitos do ambiente instrutivo na aprendizagem autodirigida dos participantes no estudo. Lembramos que a autoaprendizagem é uma capacidade humana de aprender por si mesmo, para despertar em aptidões de autossuficiência, de autorresponsabilidade e de autoconfiança. A questão levantada que buscámos responder foi que os participantes durante o experimento (pré-teste e pós-teste) mudariam as suas perceções de autoaprendizagem, quando submetidos ao modelo instrutivo 4C/ID na aprendizagem de programação informática.

Percebemos que não houve mudanças estatisticamente significativas entre os resultados das médias e desvio-padrão coletados no início e fim do experimento, a comparar o pré-teste e o pós-teste. Vislumbramos que os valores mínimos para o Grupo 1 mantiveram-se próximos de 4 (Concordo Parcialmente), e os máximos quer seja em pré-teste quer em pós-teste próximos de 6 (Concordo Totalmente). Mudança significativa vemos no valor mínimo do Grupo 2 com uma considerável melhora com valores em pré-teste próximos de 2 (Discordo) e pós-teste próximo de 4 (Concordo Parcialmente).

Ao analisar os valores das médias, desvio-padrão, valores mínimos e máximos em relação aos domínios/fatores em estudo, obtivemos uma avaliação positiva nas respostas dos sujeitos do Grupo 2 para os Domínio “Iniciativa na Aprendizagem” e “Autonomia na Aprendizagem”, que saíram de próximo de 2 (Discordo) para próximo de 4 (Concordo Parcialmente).

A verificação de que não houve uma significativa melhora da autoaprendizagem nos alunos do pré-teste para o pós-teste, deu-se por uso do teste de *t-Student* para amostras emparelhadas. Como no caso da motivação de realização, para a autoaprendizagem também foram validados os pressupostos da normalidade na distribuição dos dados, e verificámos

homogeneidade das variâncias com valores de p sempre maiores que 0,05. Contudo foi inevitável assumir a hipótese nula pois o valor de $\alpha = 0,254$ leva-nos a concluir que autoaprendizagem média no final do experimento não é significativamente superior à autoaprendizagem média no início do experimento. Entendemos então que as variáveis psicológicas, como a motivação de realização e a percepção de autoaprendizagem, talvez sejam apenas modificáveis com experiências de mais longa duração. Além disso as amostras com que trabalhámos eram reduzidas o que conduz a que as pequenas diferenças nas médias do pré-teste para o pós-teste não apresentassem significância estatística. O quarto objetivo desta tese foi também parcialmente atingido.

Passamos então a considerar *o quinto e último objetivo* desta investigação, que é dividido em duas partes, dado que nele buscámos: (i) avaliar os efeitos do ambiente de aprendizagem no esforço mental percecionado; e (ii) nos conhecimentos de programação informática na aquisição e transferência de conhecimentos de programação.

Começamos com os *resultados obtidos na escala de esforço mental* percecionado que entendemos ser a quantidade total de processamento cognitivo controlado em que um indivíduo está envolvido. Para este constructo psicológico resolvemos mensurá-lo em dois momentos, no fim dos testes de aquisição e de transferência de conhecimentos, para tentar responder à questão de que se existe uma mudança na percepção do esforço mental dos alunos, quer estejam no grupo de controlo ou experimental, quando submetidos ao modelo instrutivo 4C/ID na aprendizagem de programação informática.

Para os testes de aquisição e os de transferência de conhecimentos, vimos que houve mudanças significativas entre os resultados das médias e desvio-padrão coletados quando comparamos o grupo de controlo e o grupo experimental, a favor do grupo experimental.

Na validação dos pressupostos da normalidade e homogeneidade das variâncias deparámos para o Grupo 1 – Listas uma distribuição normal dos dados, pois as variâncias são

homogêneas ($p > 0,05$), em ambos os testes (aquisição e transferência) e grupos (controle e experimental). Aqui resolvemos aplicar o teste de *t-Student* para amostras independentes.

Para o Grupo 2 – Funções verificámos que os dados se apresentaram com uma distribuição não normal ($p \leq 0,05$), contudo neste caso não há homogeneidade da variância sendo $p\text{-value} = 0,02$ e $p\text{-value} = 0,47$ para os testes de aquisição e transferência de conhecimento respetivamente. Aqui resolvemos aplicar o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Analisando o teste *t-Student* para amostras independentes no Grupo 1 – Listas, observamos que as médias do grupo de controlo foram de 6,41 (SEM = 1,581), o que representa um esforço mental relativamente elevado, e para o grupo experimental 5,35 (SEM = 1,641) o que significa um esforço mental mediano. Vemos neste caso uma melhora na perceção do esforço mental a favor do grupo experimental. O teste *t* obteve um valor de $t(62) = 2,556$, com um nível de significância de 0,013. Concluimos que este é estatisticamente significativo, o que nos permite confirmar que existe uma diferença na perceção do esforço mental, para o teste de aquisição de conhecimento, a favor do grupo experimental, na aprendizagem de conhecimentos de Listas. Aceitámos a nossa hipótese para o teste de aquisição de conhecimento, e podemos afirmar que houve uma mudança na perceção do esforço mental dos alunos. Isto significa que os estudantes do grupo experimental que aprenderam Listas usando o modelo 4C/ID experienciaram um menor esforço mental e obtiveram melhores resultados que os alunos do grupo de controlo, que os que aprenderam a mesma matéria usando o método convencional.

Para o teste de transferência de conhecimento ainda no Grupo 1 – Listas, obtivemos resultados divergentes aos do teste de aquisição de conhecimento. A estatística descritiva mostra que em média não houve mudança significativa na perceção do esforço mental

empregado, dado que ambos os grupos (controlo e experimental) consideraram um esforço de grau 7 (esforço mental elevado).

Com o teste de Levene não estatisticamente significativo ($p = 0,814$) e um teste t que apresentou um $t(62) = 1,339$ com um $p = 0,185$, verificámos que não houve uma diferença estatisticamente significativa na percepção do esforço mental entre os grupos de controlo e experimental. Tivemos que aceitar a hipótese nula, para o teste de transferência de conhecimentos do Grupo 1 – Listas.

Para o Grupo 2 – Funções, no teste de aquisição de conhecimento foi observado que o grupo de controlo apresentou um valor de 5,30 (SEM = 1,363), isto é, um esforço mental mediano, e o grupo experimental 4,00 (SEM = 1,897) um esforço mental pequeno. Neste caso notamos uma melhora na percepção do esforço mental entre os grupos de controlo e experimental.

Para o teste de transferência de conhecimentos do Grupo 2 – Funções, verificámos que em média houve uma mudança significativa na percepção do esforço mental empregado, em favor do grupo experimental (grau 7 - esforço mental elevado) em relação ao grupo de controlo (grau 8 - esforço mental muito elevado).

Com a ANOVA de Kruskal-Wallis para o Grupo 2 – Funções, foi possível concluir que tanto para o teste de aquisição como para o teste de transferência de conhecimento houve uma mudança na percepção do esforço mental em favor do grupo experimental. Rejeitamos a hipótese nula e avançamos para o teste de hipóteses o qual realizámos uma comparação múltipla das médias das ordens, que fortaleceu nossa hipótese, e que nos levou a concluir que o modelo 4C/ID foi vantajoso para os estudantes em termos de percepção do esforço mental despendido na realização das tarefas de aprendizagem de Listas e Funções. Os estudantes que utilizaram o modelo 4C-ID perceberam um menor esforço mental na resolução das tarefas propostas do que os seus pares que foram ensinados com o método convencional.

A segunda parte do quinto e último objetivo desta investigação pretendeu mensurar os conhecimentos de programação, importantes nesta investigação, para saber se o ambiente de aprendizagem desenvolvido com base no modelo 4C/ID teve efeitos na aprendizagem deste domínio disciplinar. Resolvemos avaliar os conhecimentos que fossem essenciais para o desenvolvimento do aluno para a componente curricular de programação de computadores e que foram apontados pelos alunos e pelo professor como os que os estudantes sentiam mais dificuldades: Listas e Funções.

A nossa hipótese era que os alunos que usaram o modelo instrutivo 4C/ID para aprender a programar iriam ter resultados mais positivos do que os alunos ensinados pelo método convencional no teste de Aquisição de Conhecimentos, e no teste de Transferência de Conhecimentos.

Verificámos que em todas as situações as classificações obtidas pelos estudantes do grupo experimental foram mais elevadas face aos estudantes que integraram o grupo de controlo. O melhor resultado foi obtido pelo Grupo 2 – Funções na prova de aquisição de conhecimento, com uma média de 18,317 para o grupo de experimental face a 12,478 obtido pelo grupo controlo.

O Grupo 1 – Listas apresentou uma distribuição não normal dos dados, contudo verificou-se homogeneidade das variâncias. Logo resolvemos aplicar o teste de *t-Student* para amostras independentes em que as diferenças observadas entre os valores médios no teste de aquisição de conhecimento foram estatisticamente significativas $t(62) = -5,767$, e o $p\text{-value} \leq 0,05$. Observação não conferida para o teste de transferência de conhecimentos, visto os resultados obtidos com o teste *t-Student* para amostras independentes com um $t(62) = -1,500$ apresentou um $p\text{-value} = 0,139$.

Com este resultado, para o teste de transferência de conhecimentos aceitamos a hipótese nula. Contudo concluímos também que para o teste de aquisição de conhecimentos

há um desempenho médio positivo dos alunos em favor do grupo experimental, e que para este caso aceitamos nossa H_1 .

Por fim, para o Grupo 2 – Funções também há uma distribuição não normal dos dados ($p \leq 0,05$), porém verificou-se uma homogeneidade das variâncias ($p > 0,05$), o que nos fez optar pelo teste de *t-Student* para amostras independentes.

Tanto para o teste de aquisição de conhecimentos como para o teste de transferência de conhecimentos, os resultados dos valores médios são estatisticamente significativos. Com este resultado concluímos que houve um desempenho médio positivo dos alunos em favor do grupo experimental, e aceitamos a nossa H_1 , rejeitando a hipótese H_0 .

Com os resultados obtidos neste conjunto de provas podemos afirmar que somente se aceita a hipótese nula para os testes de transferência de conhecimentos para o Grupo 1 – Listas. Para os demais grupos e testes aceitamos a nossa hipótese central de investigação, a saber, que o esforço mental percebido foi menor e os resultados dos testes mais positivos, com melhores avaliações em favor do grupo experimental.

Consequências Práticas do Estudo

Entendemos que o principal contributo desta investigação reside em corroborar a hipótese que o uso de metodologias instrutivas que auxiliem na construção do conhecimento de aprendizagens complexas se verifica, e que o modelo instrutivo 4C/ID é um modelo adequado para aplicar a este tipo de aprendizagem.

De modo mais específico como um modelo instrutivo centrado nas tarefas de aprendizagem, que tem como base teorias cognitivas que norteiam o uso e a criação de objetos de aprendizagem multimédia, e que atendem às limitações cognitivas dos aprendizes, facilita a aprendizagem da linguagem de programação Python para a elaboração de desenhos auxiliados por algoritmo, com o uso de softwares CAD.

Foi possível compreender também como um modelo de ID, neste caso o Design Instrucional de Quatro Componentes (4C/ID), por ser mais detalhista e que mantem um foco específico em instruir com precisão o processo de aprendizagem que exige soluções complexas dos problemas, trouxe resultados positivos no que entendemos ser o ponto fulcral do ensino que é a capacidade de adquirir e transferir conhecimentos.

Limitações do Estudo

Análogo a qualquer outro estudo, este também apresenta algumas limitações, que são expostas a seguir, para um melhor entendimento dos resultados obtidos.

Dadas as características da amostra reduzida deve-se limitar os resultados e as conclusões para os sujeitos deste estudo. Extrapolar os resultados para toda a população do estudo ou mesmo a população teórica não nos parece válido.

Dado o curto tempo do experimento entre o pré-teste e pós-teste, não se obtiveram alterações estatisticamente significativas nos efeitos esperados para a mudança dos constructos psicológicos em estudo, a saber: Motivação de Realização e Aprendizagem Autodirigida. Estas variáveis dependem de toda uma história de vida do aluno que só serão modificáveis com experiências educativas de mais longa duração.

Aplicar o experimento em países com posições geográficas díspares, não chegou a ser um elemento limitador do estudo, mas sim uma dificuldade que foi superada com sucesso. Ter optado por aplicar o método convencional de instrução com o mesmo professor nos dois países, foi uma dificuldade apenas na dimensão logística e de financiamento. Contudo aportou a este estudo uma maior validade.

Mesmo com as limitações sentidas entende-se que estas não comprometeram os resultados, indo ao encontro dos objetivos definidos no início deste estudo. Conseguimos compreender melhor as dificuldades de aprendizagem da programação informática em

linguagem de programação textual Python, junto de alunos de arquitectura, e como o modelo de design instrucional 4C/ID os apoiou a superar algumas dessas dificuldades.

Pistas para Futuras Investigações

Tendo como base as limitações acima apresentadas, e de posse dos ensinamentos obtidos no percurso deste estudo, refletimos que para futuras investigações que tomem esta como referência, sugere-se a diversificação da amostra a ser estudada, quer seja no país de investigação, com novas culturas, quer seja em diferentes cursos que utilizem a programação de computadores no ensino de desenho auxiliado por algoritmos.

Ampliar a amostra, aplicando o experimento a engenheiros e designers por exemplo, tornaria possível obter dados semelhantes, e assim comparar com os resultados obtidos neste estudo. Isto levar-nos-ia a alargar a percepção das dificuldades da aprendizagem da programação informática, e sugerir melhorias na evolução do modelo de design instrucional 4C/ID aplicado ao ensino da informática.

Ainda se tratando da amostra em estudo esta poderia ser de alunos com maior tempo de formação, como alunos de doutoramento. E assim poder mensurar se o tempo de estudo e mais oportunidades de instrução, influenciam a aprendizagem da programação, a motivação de realização e autoaprendizagem e mesmo outros constructos que se possam considerar adequados medir.

Sugere-se também aumentar o tempo de experimento. Que a distância temporal entre o pré-teste e pós-teste possa ser maior e assim poder comparar se haverá alterações significativas dos efeitos esperados para os constructos psicológicos.

Referências Bibliográficas

- Ahern, S. K., & Beatty, J. (1979). Pupillary Responses During Information Processing Vary with Scholastic Aptitude Test Scores. *Science*, 205, 1289–1292.
- Al-Sharif, F & Kaka, A (2004) PFI/PPP topic coverage in construction journals. In: Khosrowshahi, F (Ed.), 20th Annual ARCOM Conference, Salford, 1-3 September 2004 (pp. 711-719). Heriot Watt University. Association of Researchers in Construction Management.
- Almeida, L., & Freire, T. (2017). *Metodologia de investigação em Psicologia e Educação*. (5^a ed). Braga: Psiquilíbrios.
- Alves, M. V. C., Modesto, J. G., Lima-Rossetti, D., Lanini, J., & Bueno, O. F. A. (2017). As dimensões da carga cognitiva e o esforço mental in *Revista Brasileira de Psicologia*, 04(01), 2–16. Disponível em: <http://revpsi.org/wp-content/uploads/2018/03/Alves-et-al.-2017-As-dimensões-da-carga-cognitiva-e-o-esforço-mental.pdf>
- Anastasi, A., & Urbina, S. (1997). *Psychological testing*. (7^a ed). New Jersey: Prentice Hall.
- Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64(6), 359–372.
- Atkinson, J. W., & Feather, N. T. (1969). A theory of achievement motivation. *Australian Journal of Psychology*, 21, 335-349.
- Azevedo, R. (2005). Computer Environments as Metacognitive Tools for Enhancing Learning. *Educational Psychologist*, 40:4, 193-197, doi:10.1207/s15326985ep4004_1
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1997). *Human Memory: theory and practice*. East Sussex: Psychology Press.
- Bardin, L. (2018). *Análise de conteúdo*. (5^a ed). Lisboa: Edições 70.

- Beirão, J. N. (2017). Sobre o ensino da arquitectura e o futuro profissional do arquitecto. *O papel da arquitectura nas sociedades criativas*. Retrieved April 20, 2017, from <http://www.jornalarquitectos.pt/pt/forum/cronicas/sobre-o-ensino-da-arquitetura-e-o-futuro-profissional-do-arquiteto>
- Borges, M. A. (2000). *Avaliação de uma metodologia alternativa para a aprendizagem de programação*. Artigo apresentado no XX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Tocantins: CEULP/ULBRA.
- Boulay, B. D. (1989). Some difficulties of learning to program. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 283-299.
- Caspersen, M. E., & Kölling, M. (2009). STREAM: A first programming. *Journal ACM Transactions on Computing Education*, 9(1), 4:1-4:29.
- Celani, G. (2008). Teaching CAD programming to architecture students. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 3(2), 1-23.
- Celani, G. V., & Vaz, C. E. V. (2012). CAD scripting and visual programming languages for implementing computational design concepts: a comparison from a pedagogical point of view. *International Journal of Architectural Computing*, 10(1), 121-137.
- Chiavenato, I. (1999). *Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações*. Rio de Janeiro: Campus.
- Chizzotti, A. (2018). *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. São Paulo: Cortez Editora.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2005). *Research methods in education*. (5^a ed). Taylor & Francis e-Library. London and New York: Taylor & Francis e-Library.
- Coleman, E. B., Brown, A. L. & Rivkin, I. D. (1997). The effect of instructional explanations on learning from scientific texts. *Journal of the Learning Sciences* 6(4), 347-365.

- Costa, J. M., & Miranda, G. L. (2016). Relation between Alice software and programming learning: a systematic review of the literature and meta-analysis. *British Journal of Educational Technology* 48(6), 1464-1474. doi:10.1111/bjet.12496
- Costa, J. M., & Miranda, G. L. (2017). Desenvolvimento e validação de uma prova de avaliação das competências iniciais de programação. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 2017(25), 66–81. doi:10.17013/risti.25.66-81
- Covington, M. V. (1998). *The will to learn: a guide for motivating young people*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Demo, P. (1994). *Pesquisa e construção do conhecimento – metodologia científica no caminho de habermas*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro.
- Dijkstra, E. W. (1976). *A discipline of programming*. Eindhoven: Prentice-Hall.
- Dweck, C. S., & Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95(2), 256-273.
- Edwards, A. L. (1957). *Techniques of attitude scale construction*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Elliot, A. J., & Dweck, C. S. (2005). *Handbook of competence and motivation*. (Vols. 4). New York: The Guilford Press.
- Estrela, A. (1994). *Teoria e prática de observação de classes. Uma estratégia de formação de professores*. (4ª ed). Porto: Editora Porto.
- Faria, L., Rurato, P., & Santos, N. L. (2000). Papel do auto-conceito de competência cognitiva e da auto-aprendizagem no contexto sócio-laboral. *Análise Psicológica*, 18(2), 203–219.
- Fogarty, R. (1995). *Best practices for the learner-centred classroom: a collection of articles*. Skylight: Arlington Heights.

- Fonseca, D., Pifarré, M., & Redondo, E. (2013). Relación entre calidad percibida y afinidad emocional de imágenes arquitectónicas en función del dispositivo de visualización: Recomendaciones para su uso docente. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (11), 1–15.
- Fortin, M. F. (2009). *Fundamentos e etapas do processo de investigação*. Loures: Lusodidacta.
- Freire, P. (2013). *Educação e mudança* (1ª ed.). Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gershenfeld, N. A. (2005). *Fab: The coming revolution on your desktop - from personal computers to personal fabrication*. New York: Basic Books.
- Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.
- Goldman, S. (2003). Learning in complex domains: When and why do multiple-representations help? *Learning and Instruction*, 13, 239–244.
- Goode, W. J., & Hatt, P. K. (1969). *Métodos em pesquisa social*. (3ª ed.). São Paulo: Nacional.
- Greene, J. A., & Azevedo, R. (2009). A macro-level analysis of SRL processes and their relations to the acquisition of a sophisticated mental model of a complex system. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 18–29.
doi:10.1016/j.cedpsych.2008.05.006
- Hill, M. M. & Hill, A. (2009). *Investigação por questionário*. (2ª ed.). Lisboa: Edições Sílabo.
- Jesus, S. N. (2000). *Motivação e formação de professores*. Coimbra: Quarteto.
- Kaiser, H. F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23, 187–200.
- Kieran, S., & Timberlake, J. (2004). *Refabricating architecture: how manufacturing methodologies are poised to transform building construction*. New York: McGraw-Hill.

- Kirschner, P. A., & Kirschner, F. (2012). Mental effort. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. 2182–2184. doi:10.1007/978-1-4419-1428-6_226
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205–226.
- Lauder, W., Reynolds, W., & Angus, N. (1999). Transfer of knowledge and skills: some implications for nursing and nurse education. *Nurse Education Today*, 19(6), 480–487. doi:10.1054/NEDT.1999.0338
- Lemos, M. S. (2015). Motivação e aprendizagem. In Guilhermina Miranda & Sara. Bahia, *Psicologia da Educação: temas de desenvolvimento, aprendizagem e ensino* (3ª ed) (pp. 193-231). Lisboa: Relógio D'Água Editores.
- Lieury, A., & Fenouillet, F. (1997). *Motivação e sucesso escolar*. (A. Patrão, Trad.). Lisboa: Editorial Presença (Obra original publicada em 1996).
- Magalhães, S., Santos, N. L., & Neves, S. (2011). Auto-conceito de competência e auto-aprendizagem no ensino secundário português: Diferenças em função do género e do ano de escolaridade. *Libro de Actas Do XI Congreso Internacional Galego-Português de Psicopedagogía*.
- Manzini, E.J. (2004). *Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros*. In Seminário Internacional Sobre Pesquisa e Estudos Qualitativos.
- Marconi, M. de A., & Lakatos, E. M. (2010). *Fundamentos de metodologia científica*. (7ª ed). São Paulo: Atlas.
- Marôco, J. (2014). *Análise estatística com o SPSS Statistics*. (6ª ed). Pêro Pinheiro: Gráfica Manuel Barbosa & Filho.
- Marôco, J., & Garcia-Marques, T. (2006). Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? *Laboratório de Psicologia*, 4(1), 65-90.

- Marques, J. F. (2015). Memória e aprendizagem escolar. In Guilhermina Miranda & Sara. Bahia, *Psicologia da Educação: temas de desenvolvimento, aprendizagem e ensino* (3ª ed) (pp. 183-192). Lisboa: Relógio D'Água Editores.
- Marques, S. L. (1999). *Arquitetura e cibercultura: O olhar telemático e seus desdobramentos no processo projetual*. São Paulo: USP.
- Matheus, M. C. C. (2009). Metassíntese qualitativa: desenvolvimento e contribuições para a prática baseada em evidências. *ACTA Paulista de EnfermagemEnferm*, 22 (Especial-Nefrologia), 543–545. doi:10.1590/S0103-21002009000800019
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- McClelland, D.C., Atkinson, J.W., Clark, R.A. & Lowell, E.L. (1953). *The Achievement Motive*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Melli, N. C. de A., & Neto, J. D. de O. (2010). O princípio da modalidade como otimizador da aprendizagem no ensino técnico de nível médio: Um estudo baseado na teoria da sobrecarga cognitiva considerando o modelo 4c/ID e a aprendizagem multimídia (tese de mestrado). USP – Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Melo, M. M. L. de. (2018). *Ensino de circuitos elétricos segundo o modelo instrutivo 4C/ID - um estudo com alunos do 9º. ano* (tese de doutoramento). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Melo, M., & Miranda, G. L. (2015). Learning electrical circuits: The effects of the 4C/ID instructional approach in the acquisition and transfer of knowledge. *Journal of Information Technology Education:Research*, 14, 313- 337.
- Merrill, M. D. (2002). First principles of instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(3), 43–59. doi:10.1007/bf02505024

Merrill, M. D., Drake, L., Lacy, M.J., Pratt, J. (1996). *Reclaiming Instructional Design*.

Educational Technology, 36(5), 5-7. Disponível em:

<http://mdavidmerrill.com/Papers/Reclaiming.pdf>

Miranda, G. L. (2015). Aprendizagem e transferência de conhecimento. In Guilhermina

Miranda & Sara. Bahia, *Psicologia da Educação: temas de desenvolvimento*,

aprendizagem e ensino (3ª ed) (pp. 235-262). Lisboa: Relógio D'Água Editores.

Mitchel, W. J. (1975). The theoretical foundation of computer-aided architectural design.

Environment and planning b: planning and design, 127-150.

Moray, N. (1979). *Mental workload: its theory and measurement*. New York: Plenum Press.

doi:10.1007/978-1-4757-0884-4

Moreira, J. A. C., Nejmeddine, F., & Almeida, A. C. (2014). Aprendizagem em ambientes

online no ensino superior em portugal. *Revista Perspectivas Educativas*, 7(1), 45–59.

Moreira, J. M. (2004). *Questionários: teoria e prática*. Lisboa: Almedina.

Muthee, J. M., & Thomas, I. (2009). *Achievement motivation inventory*. Kariavattom,

Thiruvananthapuram: University of Kerala.

Muthee, J. M., & Thomas, I. (2011). *Predictors of academic performance and motivation*

among Kenyan adolescents: a study among standard viii pupils of Nairobi province

(tese de doutoramento). Department of psychology. Disponível em:

<http://content.ebscohost.com.ezproxy.mtsu.edu/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=5>

07984450&S=R&D=eft&EbscoContent=dGJyMNHX8kSeqa44v+vlOLCmr0yeqLF

Neto, D., Cruz, C., Rodrigues, M. F., & Silva, P. (2016). Bibliometric analysis of PPP and

PFI literature: overview of 25 years of research. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142, 1-8.

- Nyan, B. (1996). *Desenvolver a capacidade de aprendizagem das pessoas : perspectivas Europeias sobre a competência de auto-aprendizagem e mudança tecnológica*. (2^a ed). Caldas da Rainha: CENCAL.
- Okubo, Y. (1997). Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples. OECD Science. *Technology and Industry Working Papers*, 1997/01, 1-70.
- Oliveira, A. A. S. de, Lima, C. G. dos S., & Moraes, K. K. C. de (2016). Bibliometria e metassíntese de estudos sobre trabalho publicados na revista psicologia & sociedade. *Psicologia & Sociedade*, 28(3), 572–581. doi:10.1590/1807-03102016v28n3p572
- Oliveira, A. das N. (2007). *Carga cognitiva na resolução de problemas em ambientes colaborativos assíncronos*. Retrieved from <http://repositorio.ul.pt/handle/10451/32295>
- Oliveira, C. A., & Alves, J. B. (2001). *Ciências da computação nos cursos de engenharia uma proposta pedagógica inovadora*. Congresso brasileiro de ensino de engenharia. (pp. 36-43). Porto Alegre: PUCRS.
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: a cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429–434.
- Paas, F. G. W. C., & van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: an approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 35(4), 737–743.
- Paas, F., Tuovien, J. E., Tabbers, H., & Gerven, P. W. M. V. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 63-71.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.

- Pontes, T. B., Miranda, G. L., & Santos, D. M. dos. (2016). A programação de computadores para alunos de arquitectura: uma análise do uso da linguagem racket para protótipos 3D. In Neuza Pedro, Ana Pedro, João Filipe Matos, João Piedade, Magda Fonte, *Digital Technologies & Future School* (pp. 197–208). Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.
- Prawat, R. S. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: a research synthesis. *Review of Educational Research* 59(1), 1–41.
- Price, E. A. & Driscoll, M. P. (1997). An inquiry into the spontaneous transfer of problem-solving skill. *Contemporary Educational Psychology* 22(4), 472–494.
- Ramos, S. I. V. (2013). *Motivação académica dos alunos do ensino superior*. Disponível em: <http://www.psicologia.pt/artigos/textos/A0677.pdf>
- Rapkiewicz, C. E., Falkembach, G., Seixas, L., Rosa, N. dos S., Cunha, V. V. da, & Klemann, M. (2006). Estratégias pedagógicas no ensino de algoritmos e programação associadas ao uso de jogos educacionais. *RENOTE Revista Novas Tecnologias Na Educação*, 6(2), 1–10.
- Reigeluth, C.M., Stein, F.S. (1983). *The elaboration theory of instruction. Instructional design theories and models: an overview of their current states*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Reiser, R.A., Dempsey, J.V. (2007). *Trends and issues in instructional design* (2^a ed). Upper Saddle River: Pearson Education, Inc.
- Resnick, M. (2013, May). *Learn to code, code to learn*. MIT Media Lab. Disponível em: <https://www.edsurge.com/news/2013-05-08-learn-to-code-code-to-learn>
- Rodrigues Jr, M. (2002). Como Ensinar Programação? *Informática – Boletim Informativo*, Ano I, nº 01, 1-11, ULBRA, Canoas, RS.
- Rolls, E. T. (2000). Memory systems in the brain. *Annual Review of Psychology*, 51, 599-630.

- Runa, A. I. do N. F. (2013). *B-Learning e expressão de emoções na formação de adultos: contributo para a mudança de práticas no Modelo de ensino* (tese de doutoramento). Instituto de Educação Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Sampieri, R.H., Collado, C.F., Lucio, P.B. (2006). *Metodologia de pesquisa*. São Paulo: McGrawHill
- Santos, D. M., & Beirão, J. N. (2017). Generative tool to support architectural design decision of earthbag building domes. *SIGraDi 2017, XXI Congreso de La Sociedad Ibero-Americana de Gráfica Digital*, 538–543.
- Santos, N. L., & Faria, L. (2007). *Avaliação psicológica: instrumentos validados para a população portuguesa* (Vol. 3). Coimbra: Quarteto.
- Santos, N. L., & Gomes, I. (2009). Transformações e tendências do ensino-aprendizagem na era do digital: alguns passos para uma arqueologia de um novo saber-poder. *Revista Antropológicas*, 11, 143–159.
- Santos, N. L., Rurato, P., & Faria, L. (2000). Auto-aprendizagem e auto-conceito de competência cognitiva em contexto empresarial. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 5(1), 135–146.
- Seeltiz, C., Cook, & Wrightsman, L. (1965). *Métodos de pesquisa nas relações sociais*. São Paulo: Herder.
- Serra, N., Gonçalves, A., Serra, J., & Sousa, P. (2008). Planeamento estratégico no contexto de arquitectura empresarial. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (2), 1–14.
- Soloway, E., & Ehrlich, K. (1984). Empirical studies of programming knowledge. *IEEE Transactions of Software Enginnering*, 10(5), 595-609.
- Spear, N. E., Miller, J. S., & Jagielo, J. A. (1990). Animal memory and learning. *Annual Review of Psychology*, 41, 169-211.

- Spector, J. M., Merrill, M. D., van Merriënboer, J., & Driscoll, M. P. (2008). *Handbook of research on educational communications and technology* (3^a ed). Lawrence Erlbaum.
- Squire, L. B. & Schacter, D. L. (2002). *The neuropsychology os memory* (3^a ed). New York: Guilford.
- Sweller, J. (2004). *Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture*. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1991). *Cognitive load theory and the format of instruction: cognition and instruction*. Research Online.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- Taipa, J. A., & Fita, E. C. (2015). *A motivação em sala de aula: o que é, como se faz?* São Paulo: Loyola.
- Tang, L. Y., Shen, Q., & Cheng, E. W. L. (2010). A review of studies on Public-Private Partnership projects in the construction industry. *International Journal of Project Management*, 28(7), 683–694. doi:10.1016/j.ijproman.2009.11.009
- Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas.
- Tucker, A. (2006). *A Model Curriculum for K-12 Computer Science*. New York: CSTA.
- Tuckman, B. W. (2012). *Manual de investigação em educação* (4^a ed.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- van Merriënboer, J. J., & Kester, L. (2005). *The four-component instructional design model: multimedia principles in environments for complex learning*. New York: University Press.
- van Merriënboer, J. J., Kirschner, P. A., & Kester, L. (2010). *Taking the load off a learner's mind: instructional design for complex learning*. Educational Psychologist.

- van Merriënboer, J.J.G. (1997). *Training complex cognitive skills: a four-component instructional design model for technical training*. Englewood cliffs. New Jersey: Educational Technology Publications.
- van Merriënboer, J.J.G., & Sluijsmans, D.A. (2009). Towards a synthesis of cognitive load theory, four component instructional design and self-directed learning. *Educational Psychology Review*, 21, 55-66. doi:10.1007/s10648-008-9092-5.
- Villares, A. B. do A., & Moreira, D. de C. (2017). *Python on the landscape of programming tools for design and architectural education*. XXI Congreso de la Sociedad Ibero-americana de Gráfica Digital, 207–211.
- Voss, J. F. (1987). Learning and transfer in subject matter learning: a problem-solving model. *International Journal of Educational Research*, 11, 607–622.
- Winslow, L. E. (1996). Programming pedagogy - a psychological overview. *ACM SIGCSE Bulletin*, 28(3), 17–22.
- Yongjian, K., ShouQing, W., P., C. A., & Esther, C. (2009). Research trend of public-private partnership in construction journals. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(10), 1076–1086.
- Yoshida, N. D. (2010). Análise bibliométrica: um estudo aplicado à previsão tecnológica. *Future Studies Research Journal Trends and Strategies*, 2(1), 52–84. Retrieved from <http://revistafuture.org/index.php/FSRJ/article/view/45>.

Apêndices

Apêndice A. Autorização para realização do experimento junto a IST

Prezada Fátima Montemor

Me chamo Thiago Pontes, estudante de doutoramento do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Essa investigação tem como tema: "Aplicação do modelo 4C-ID na aprendizagem do desenho assistido por computador por meio de linguagem de programação textual", e está sob orientação de Guilhermina Lobato Miranda.

O experimento pretende medir a motivação de realização, autoaprendizagem, aquisição e transferência de conhecimento dos alunos, em dois tópicos específicos da disciplina infra citada.

O projeto de tese foi aprovado pela banca avaliadora e pelo comité de Ética do Instituto de Educação.

São duas fases de coleta de dados. Uma em Brasil feita em julho desse ano na UNICAMP, e a outra no IST agora no ano letivo 2017/2018.

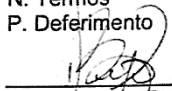
O professor António Leitão titular que ministra a disciplina Programação e Computação para Arquitectura no IST, conhece o método do experimento e está de acordo, assim como a professora Guilhermina Miranda.

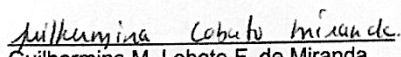
Dessa forma, para que a coleta de dados possa ser feita dentro da legalidade desejada, solicito da senhora a autorização formal para iniciarmos essa coleta o mais breve possível.

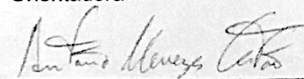
Ressalto que de acordo como formulário de consentimento dessa investigação, é assegurado o anonimato dos respondentes, em futuras publicização dos resultados da investigação.

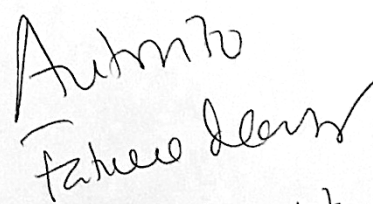
N. Termos

P. Deferimento


Thiago Bessa Pontes
Doutorando


Guilhermina M. Lobato F. de Miranda
Orientadora


António Menezes de Leitão
Professor da Disciplina


27/09/2017

Apêndice B. Autorização para mencionar o nome neste estudo



PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO

Exmo. senhor, professor António Leitão,

Venho por meio deste solicitar autorização para utilização de vosso nome na apresentação dos resultados dos dados coletados para a tese de doutoramento de título: “Ensino da Programação Informática de Estudantes de Arquitetura: aplicação do modelo instrutivo 4C-ID e seus efeitos na aprendizagem, motivação e aprendizagem autodirigida”, de acordo com o texto a seguir:

“Tratando-se do ensino de programação computacional em TPL em Portugal, as turmas do professor António Menezes de Leitão do IST foram as escolhidas, porque este professor leciona esta Unidade Curricular há já alguns anos e tem publicado vários artigos científicos sobre este assunto.”

Atenciosamente,

Thiago Bessa Pontes
doutorando investigador

De acordo em 11 de julho 2018.

(Nome)

Apêndice C. Carta de agradecimento e parceria investigativa



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP
Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo
Departamento de ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO

Campinas, 28 de julho de 2017.

Ao Prof. M.Sc. Thiago Bessa Pontes

Prezado Professor,

Em nome do programa de pós-graduação Arquitetura, Tecnologia e Cidade, agradeço por sua participação na disciplina **AQ103 Tópicos especiais IV - Programação de CAD**, oferecida nesta Faculdade pelo Prof. Dr. António de Menezes Leitão, do IST-ULisboa, do dia 17 ao 20 e do 24 ao 27 de julho de 2017, da qual participaram 19 alunos.

Esperamos dar continuidade a nossa colaboração por meio de projetos de pesquisa e intercâmbios.

Atenciosamente,

Gabriela Celani
celani@fec.unicamp.br
Professora Associada

Apêndice D. Autorização para mencionar o nome neste estudo



PEDIDO DE AUTORIZAÇÃO

Exma. senhora, professora Gabriela Celani,

Venho por meio deste solicitar autorização para utilização de vosso nome na apresentação dos resultados dos dados coletados para a tese de doutoramento de título: “Ensino da Programação Informática de Estudantes de Arquitetura: aplicação do modelo instrutivo 4C-ID e seus efeitos na aprendizagem, motivação e aprendizagem autodirigida”, de acordo com o texto a seguir:

“Na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP a iniciativa para o experimento veio da organização da disciplina de inverno, financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e sob a coordenação da professora livre docente Gabriela Celani, que fez parte da sua formação no Massachusetts Institute of Technology – MIT sob orientação de William Mitchell e de Terry Knight, e na Universidade Técnica de Lisboa, quando atuou como docente junto ao professor José Pinto Duarte.”

Atenciosamente,

Thiago Bessa Pontes
doutorando investigador

De acordo em 11 de julho 2018.



(Nome)

Apêndice E. Caracterização Sociodemográfica e Habilidades Tecnológicas



Questionário de Caracterização da Amostra

Caracterização sociodemográfica e análise de habilidades tecnológicas dos sujeitos alvo da investigação

INSTRUÇÕES

Este questionário é parte integrante de um estudo de doutoramento a ser realizado junto do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa e da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, nos programas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação e Tecnologia Computacional e Informacional em Educação respetivamente.

O objetivo deste instrumento é inquiri-lo sobre algumas variáveis sociodemográficas, sobre as suas competências tecnológicas e motivacionais, no que diz respeito à programação de computadores.

Destaca-se que não há respostas certas ou erradas relativamente a qualquer dos itens, almeja-se apenas conhecer a sua opinião pessoal e honesta.

Este questionário é de natureza confidencial, de tal modo que o anonimato está garantido.

Início do teste às ____: ____

1. Género:

☐ 1 – Feminino.
 ☐ 2 – Masculino.
2. Idade:

☐ 1 - Menos de 20 anos.
☐ 2 - De 20 a 30 anos.
☐ 3 - De 31 a 40 anos.
☐ 4 - De 41 a 50 anos.
☐ 5 - Acima de 51 anos.
3. Estado Civil:

☐ 1 – Casado.
 ☐ 2 – Solteiro.
 ☐ 3 – União de facto.
 ☐ 4 – Divorciado.
4. Você usa o Computador no dia-a-dia?

☐ 1 – Sim.
 ☐ 2 – Não.

a. Se você usa o computador no seu dia-a-dia, como classifica esse uso?

☐ 1 - Uso pouco.
 ☐ 2 - Não uso muito.
 ☐ 3 - Uso bastante.
5. Você usa a Internet no dia-a-dia?

☐ 1 – Sim.
 ☐ 2 – Não.

Caso **sim**, responda os itens “a”, “b”, “c”, “d” a seguir:

- a. Local (is) onde costuma aceder à Internet. (Podes escolher mais do que uma opção)

☐ 1 – Em casa.
☐ 2 – No trabalho.
☐ 3 – Em locais públicos.
☐ 4 – Na faculdade.

- b. Com que frequência você utiliza a Internet?
- ☐ 1 – Raramente.
- ☐ 2 – Duas vezes por semana.
- ☐ 3 – Entre duas e quatro vezes por semana.
- ☐ 4 – Todos os dias da semana.
- c. Fins de utilização da Internet. (Podes escolher mais do que uma opção)
- ☐ 1 - Diversão. ☐ 2 – Estudo. ☐ 3 – Trabalho.
- d. Tempo médio de uso diário da Internet para estudo (escolha apenas uma opção)
- ☐ 1 – Até 30 Minutos.
- ☐ 2 – Até 1 Hora.
- ☐ 3 – Até 2 Horas.
- ☐ 4 – Até 4 Horas.
- ☐ 5 – Mais 4 Horas.
6. Como você avalia seus conhecimentos em informática? (escolha apenas uma opção)
- ☐ 1 – Não consigo utilizar os recursos informáticos como gostaria. Tenho grandes dificuldades.
- ☐ 2 – Tenho dificuldades em usar os recursos informáticos.
- ☐ 3 – Me considero um usuário com conhecimentos suficientes para as minhas necessidades.
- ☐ 4 – Me considero um usuário com muito conhecimento.
7. Já frequentou algum curso online?
- ☐ 1 – Não. Nunca. ☐ 2 – Sim, mas não conclui ☐ 3 – Sim. Conclui.
- a. Se você frequentou curso online, como classifica esse uso?
- ☐ 1 - Improdutivo. Não é um método ideal para aprender.
- ☐ 2 – Pouco produtivo. Senti dificuldades em estudar por essa modalidade.
- ☐ 3 - Produtivo. Apreendi com facilidade.
8. Já estudou programação de computadores?
- ☐ 1 – Sim. ☐ 2 – Não.
- Caso sim, responda os itens “a”, “b” a seguir:
- a. Como você avalia seus conhecimentos em linguagem textual de programação?
- ☐ 1 – Não tenho grandes dificuldades para criar códigos.
- ☐ 2 – Costumo criar códigos com esforço.
- ☐ 3 – Costumo criar códigos com muito esforço.
- ☐ 4 – Tenho grandes dificuldades para criar códigos.
- b. Você considera que os desafios de aprender linguagem textual de programação estão relacionados com:
- ☐ 1 – Compreender a linguagem em estudo, pois a matemática é compreensível.
- ☐ 2 – Compreender a matemática envolvida na solução dos problemas, pois as regras da linguagem são compreensíveis.
- ☐ 3 – Compreender tanto a matemática envolvida na solução dos problemas, como as regras da linguagem em estudo.
9. Você se sente motivado para estudar programação de computadores?
- ☐ 1 – Desmotivado. ☐ 2 – Pouco Motivado. ☐ 3 – Motivado. ☐ 4 – Muito motivado.

Término do teste às ____ : ____

Obrigado.

Apêndice F: Escala de Autoaprendizagem



Escala de Auto-Aprendizagem (EAA)

Elaborada pelos professores Nelson Lima Santos e Luísa Faria (1998)

INSTRUÇÕES

Esta escala de auto-aprendizagem é parte integrante de um estudo de doutoramento a ser realizado junto do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa e da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, nos programas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação e Tecnologia Computacional e Informacional em Educação respetivamente.

Destaca-se que **não há respostas certas ou erradas** relativamente a qualquer dos itens, almeja-se apenas conhecer a sua opinião pessoal e honesta.

As suas respostas são de natureza confidencial, de tal modo que o **anonimato** está **garantido**.

Por favor responda todas as questões.

Responda a **todas** as questões que se seguem, assinalando, em cada questão, a **letra** que melhor corresponda à sua opinião. Deve ter em conta a seguinte escala:

A	B	C	D	E	F
DISCORDO TOTALMENTE	DISCORDO	DISCORDO PARCIALMENTE	CONCORDO PARCIALMENTE	CONCORDO	CONCORDO TOTALMENTE

Disponha do tempo que julgar necessário!

Início às ____: ____ no dia ____ / ____ / ____

A	B	C	D	E	F
DISCORDO TOTALMENTE	DISCORDO	DISCORDO PARCIALMENTE	CONCORDO PARCIALMENTE	CONCORDO	CONCORDO TOTALMENTE

1	Faço perguntas quando tenho dúvidas.	A	B	C	D	E	F
2	Sei que sou capaz de aprender com os meus erros.	A	B	C	D	E	F
3	Procuo aplicar na prática o que aprendo.	A	B	C	D	E	F
4	Sou uma pessoa atenta aos outros para aprender com eles.	A	B	C	D	E	F
5	Sou capaz de aprender com pontos de vista diferentes dos meus.	A	B	C	D	E	F
6	Estou sempre a aprender com tudo o que me rodeia.	A	B	C	D	E	F
7	Aprendo sempre algo de novo com o meu trabalho.	A	B	C	D	E	F
8	Gosto de aprender para melhorar pessoal e profissionalmente.	A	B	C	D	E	F
9	Sou capaz de analisar velhos problemas de novas maneiras.	A	B	C	D	E	F
10	Procuo todas as informações de que preciso para saber mais.	A	B	C	D	E	F
11	Procuo aprender em todas as situações.	A	B	C	D	E	F
12	Sou capaz de aprender a ultrapassar as dificuldades que me surgem.	A	B	C	D	E	F
13	Aprendo melhor aquilo que preciso para executar bem o meu trabalho.	A	B	C	D	E	F
14	Oriento as minhas aprendizagens em função de problemas concretos.	A	B	C	D	E	F
15	Tenho em conta a minha experiência quando escolho novas aprendizagens	A	B	C	D	E	F
16	Sou capaz de decidir o que devo aprender.	A	B	C	D	E	F
17	Dirijo as minhas aprendizagens para o que me é útil.	A	B	C	D	E	F
18	Sou responsável pelas minhas aprendizagens.	A	B	C	D	E	F
19	Sou capaz de gerir cada vez melhor as minhas aprendizagens.	A	B	C	D	E	F
20	Aprendo bem aquilo que melhor me permite enfrentar situações reais.	A	B	C	D	E	F
21	A minha capacidade para aprender por mim mesmo está a aumentar.	A	B	C	D	E	F
22	Tenho vontade de aprender por mim mesmo.	A	B	C	D	E	F
23	Sou uma pessoa mais activa quando sei as razões do que vou aprender.	A	B	C	D	E	F
24	Sei melhor do que as outras pessoas o que preciso de aprender.	A	B	C	D	E	F

Por favor verifique se todas as questões foram respondidas.

Obrigado pela vossa colaboração!


Término às ____: ____

Apêndice G: Escala de Motivação de Realização



INVENTÁRIO DE MOTIVAÇÃO DE REALIZAÇÃO

Muthee J.M. and Immanuel Thomas (2009)

Versão Experimental em Língua Portuguesa de Guilhermina Lobato Miranda e Thiago Pontes (2016)

INSTRUÇÕES

Este inventário é constituído por 32 questões. Por favor leia cada uma das questões com atenção e em seguida indique sua opinião. Coloque um ☒ em apenas uma coluna para cada questão. Pode dar sua opinião de acordo com a seguinte escala:

Completamente de Acordo (CA), Quase Sempre de Acordo (QSA), Parcialmente de Acordo (PA), Quase Sempre em Desacordo (QSD), Completamente em Desacordo (CD).

Garantimos o anonimato e confidencialidade dos respondentes.

Gênero: ☐ Masculino ☐ Feminino

Idade: _____

Curso que Frequenta: _____

Ano que Frequenta: _____

Sobre o preenchimento desse inventário:

Início às ____: ____ Término às ____: ____

Nº		CA	QSA	PA	QSD	CD
1.	Sinto que sou uma pessoa preguiçosa					
2.	Muitas vezes passam-se dias sem eu ter feito nada.					
3.	Planeio com antecedência quais os assuntos a estudar durante o meu tempo livre.					
4.	Quando fico a saber que alguém que gosta de mim conseguiu alcançar algo grandioso, fico motivado para fazer a mesma coisa de uma maneira melhor.					
5.	Vou adiando o que eu deveria estudar no dia-a-dia.					
6.	Levo muito tempo para começar a estudar.					
7.	Na maioria dos dias prefiro descontraír e relaxar em vez de me preparar para o próximo dia de trabalho na Faculdade.					
8.	Às vezes esqueço-me de fazer os trabalhos de casa.					
9.	Prefiro usar o meu tempo para fazer qualquer outra coisa, ao contrário de tentar aperfeiçoar algo que já tenha concluído.					
10.	Gosto de terminar as minhas tarefas académicas, mesmo quando são difíceis e consomem muito tempo.					

Obrigada pela sua colaboração.

Apêndice H: Escala de Esforço Mental



Escala do Esforço Mental

Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, (2003)

Versão Experimental em Língua Portuguesa de Guilhermina Lobato Miranda e Thiago Pontes (2017)

INSTRUÇÕES

Esta escala de esforço mental é parte integrante de um estudo de doutoramento a ser realizado junto do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa e da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, nos programas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação e Tecnologia Computacional e Informacional em Educação respetivamente.

O objetivo desta escala é indicar o esforço mental requerido ao fim da realização de cada problema teste nas sessões a ser utilizada.

Destaca-se que não há respostas certas ou erradas relativamente a qualquer dos itens, almeja-se apenas conhecer a sua opinião pessoal e honesta.

As respostas desta escala são de natureza confidencial, de tal modo que o anonimato está garantido.

QUESTIONÁRIO

Na resolução do problema anterior qual sua percepção: (escolher **apenas uma** opção)

- ☐ 1 - Esforço mental muito muito pequeno
- ☐ 2 - Esforço mental muito pequeno
- ☐ 3 - Esforço mental pequeno
- ☐ 4 - Esforço mental pouco pequeno
- ☐ 5 - Esforço mental nem pequeno nem elevado
- ☐ 6 - Esforço mental pouco elevado
- ☐ 7 - Esforço mental elevado
- ☐ 8 - Esforço mental muito elevado
- ☐ 9 - Esforço mental muito muito elevado

Apêndice I: Guião de Entrevista Semiestruturada



Guião de Entrevista Semiestruturada

Orientações para coleta de informações sob a perspectiva do docente

INSTRUÇÕES

Este guião de entrevista semiestruturada é parte integrante de um estudo de doutoramento a ser realizado junto do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa e da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, nos programas de Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação e Tecnologia Computacional e Informacional em Educação respetivamente.

O objetivo deste guião é ser usado como guia para que com esta entrevista se possa obter informações que elucidem o objetivo de “Identificar as dificuldades associadas à aprendizagem de linguagem programação textual sob a ótica do professor”.

Destaca-se que não há respostas certas ou erradas relativamente a qualquer dos itens, almeja-se apenas conhecer a sua opinião pessoal e honesta.

Este guião e as anotações são de natureza confidencial, de tal modo que o anonimato está garantido.

FERRAMENTAS

Como ferramentas de coleta de informações, essa entrevista contará com os recursos: i. Este guião e ii. Gravação do áudio da entrevista. ☐ De acordo?

Início da entrevista às ____: ____ no dia / /

BLOCO I: CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

1. Género:

☐ 1 – Feminino. ☐ 2 – Masculino.

2. Idade:

☐ 1 - Menos de 20 anos.
☐ 2 - De 20 a 30 anos.
☐ 3 - De 31 a 40 anos.
☐ 4 - De 41 a 50 anos.
☐ 5 - Acima de 51 anos.

4. Tempo de Exercício docente

☐ 1 - Menos de 5 anos.
☐ 2 - De 6 a 10 anos.
☐ 3 - De 11 a 20 anos.
☐ 4 - Acima de 21 anos.

3. Grau Académica

☐ 1 – Graduado
☐ 2 – Especialista
☐ 3 – Mestre
☐ 4 – Doutor

5. Formação Académica

☐ 1 – Ciência da Computação
☐ 2 – Engenharias
☐ 3 – Arquitetura
☐ 4 – Outra: _____

BLOCO II: O PAPEL DO ALUNO/APRENDIZ

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	QUESTÕES
Perceber o que o professor alega ser importante na atuação do aluno no processo de aprendizagem de CAD com linguagem de programação textual	<p>Como o professor percebe o nível de conhecimento em programação de computadores em linguagem textual dos alunos que iniciam a disciplina?</p> <p>Com que conhecimentos prévios gostaria que os alunos iniciassem a disciplina?</p> <p>Com que conhecimentos adquiridos gostaria que os alunos finalizassem a disciplina?</p> <p>O professor percebe um ganho ou perda da motivação dos alunos durante a disciplina?</p> <p>E como o professor percebe a motivação dos alunos ao estudar os conteúdos dessa disciplina? São pouco motivados? Muito?</p>

BLOCO III: O MÉTODO DE ENSINO

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	QUESTÕES
Perceber qual a percepção que o professor tem do conteúdo programático para a disciplina	<p>Como o professor avalia o programa da disciplina?</p> <p>O professor tem autonomia para modificar o programa? Mudaria em alguma coisa?</p> <p>Como avalia a divisão de horas da disciplina? Em relação as horas totais e a divisão de teóricas e prática?</p> <p>O que o senhor acha que o programa promove na prática?</p>
Perceber qual a imagem geral que o professor tem do ensino de CAD com linguagem programação textual	<p>Como o professor avalia o atual método de ensino de CAD com linguagem programação textual?</p> <p>Alguma coisa poderia ser modificada? Se sim, o quê, por exemplo?</p> <p>O professor acha que consegue extrair dos alunos o melhor que pode deles?</p> <p>Qual a importância que o professor considera em poder utilizar outros modelos de ensino?</p> <p>Gostaria de terminar perguntando se tem algo mais a dizer sobre este assunto?</p>

BLOCO IV: FINALIZAÇÃO

Agradecer ao professor pela cooperação nesse momento, reforçando a importância dele para a continuidade dele para as próximas etapas.

Término da entrevista às ____: ____

Apêndice J: Prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento – 1º Exp.



Teste de Aquisição de Conhecimento

Versão em Língua Portuguesa de Thiago Pontes e Guilhermina Lobato Miranda (2017)

Python – Funções (e)

- Em termos simples, uma função é um dispositivo que agrupa um conjunto de instruções para que possam ser executadas mais de uma vez no código. Uma função é um procedimento que é invocado pelo nome. Funções também podem retornar valores e receber parâmetros. No quadro abaixo, crie uma função que receba três valores, e retorne o valor da média aritmética entre eles.

- Recursão é um método de resolução de problemas que envolve quebrar um problema em subproblemas menores e menores até chegar a um problema pequeno o suficiente para que ele possa ser resolvido trivialmente. A notação matemática que representa a função Python a seguir é:

```
def fatorial(x):
    if x == 0:
        return 1
    else:
        return x * fatorial(x-1)
```

a) ☐

$$fatorial(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ x * fatorial(x), & x > 0 \end{cases}$$

c) ☐

$$fatorial(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ x * fatorial(x-1), & x > 0 \end{cases}$$

b) ☐

$$fatorial(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ x * fatorial(), & x > 0 \end{cases}$$

d) ☐

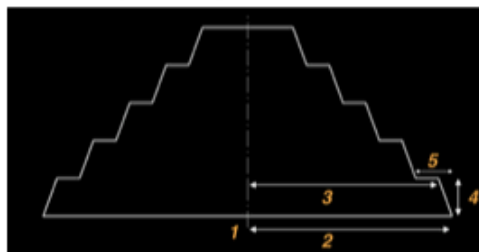
$$fatorial(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ x * fatorial(x-1), & x < 0 \end{cases}$$

3. A pirâmide de Saqqara é considerada a primeira pirâmide do Egito e a mais antiga construção monumental em pedra do mundo, sendo composta por seis mastabas progressivamente mais pequenas, empilhadas umas sobre as outras.



Uma outra forma de vermos esta pirâmide de degraus é como uma mastaba em cima da qual assenta outra pirâmide de degraus mais pequena. Formalmente, podemos definir uma pirâmide de n degraus como uma mastaba em cima da qual assenta uma pirâmide $n-1$ degraus. Para completar a definição temos de referir que quando criamos a última mastaba, a pirâmide de 0 degraus que lhe está em cima é, na realidade, inexistente.

A correta relação entre as partes de cada mastaba é:



a) ☐

- Número 1 (P) - centro da base da pirâmide
- Número 2 (b) - base menor da pirâmide
- Número 3 (t) - base maior da pirâmide
- Número 4 (h) - altura dos degraus
- Número 5 (d) - distância horizontal entre os degraus

b) ☐

- Número 1 (P) - centro da base da pirâmide
- Número 2 (b) - base maior da pirâmide
- Número 3 (t) - base menor da pirâmide
- Número 4 (h) - altura dos degraus
- Número 5 (d) - distância horizontal entre os degraus

c) ☐

- Número 1 (P) - centro da base da pirâmide
- Número 2 (b) - base maior da pirâmide
- Número 3 (t) - base menor da pirâmide
- Número 4 (h) - distância horizontal entre os degraus
- Número 5 (d) - altura dos degraus

Apêndice L: Prova de Avaliação da Aquisição de Conhecimento – 2º Exp.



Teste de Aquisição de Conhecimento

Versão em Língua Portuguesa de Thiago Pontes e Guilhermina Lobato Miranda (2017)

Python – Listas (c)

Nome / Número: _____

1. Listas são coleções heterogêneas de objetos que podem ser de qualquer tipo, inclusive outras listas. Em Python as listas são mutáveis, podendo ser alteradas a qualquer momento. Para declarar uma lista utiliza-se a seguinte sintaxe:

```
ListName = [a, b, c, ..., n]
```

A(s) opção/opções que apresenta(m) a correta forma de utilização da lista são:

a)

☐

```
# A BUSCAR O PRIMEIRO ELEMENTO DE UMA LISTA
lista = ["casa", "carro", "barco", "mota"]
print(lista[1])
>> casa
```

b) ☐

```
# A BUSCAR O ÚLTIMO ELEMENTO DE UMA LISTA
lista = ["casa", "carro", "barco", "mota"]
print(lista[-1])
>> mota
```

c)

☐

```
# SLICE DE UMA LISTA
lista = ["casa", "carro", "barco", "mota"]
print(lista[1:3])
>> ['carro', 'barco']
```

d) ☐

```
# SLICE DE UMA LISTA
lista = ["casa", "carro", "barco", "mota"]
print(lista[2:])
>> ['barco', 'mota']
```

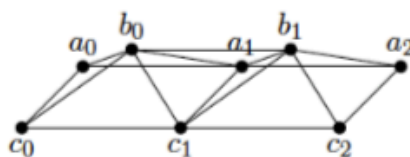
2. Crie em notação Python uma lista de nome `lista_alimentos` que represente a imagem abaixo:

Minha Lista
Pastéis de bacalhau
Bacalhau à brás
Alheira
Francesinha
Queijo da Serra

A representação gráfica de uma treliça apresenta claramente um bom uso das listas em Python.

Assim, para o desenho de uma treliça, podemos considerar, como base de trabalho, três sequências arbitrárias de pontos em que cada ponto define um nó da treliça.

A partir destas três sequências podemos criar as ligações necessárias entre cada par de nós. A Figura a seguir apresenta o esquema de ligação a partir de três sequências de pontos ($a_0; a_1; a_2$), ($b_0; b_1$) e ($c_0; c_1; c_2$).



- Em relação a treliça acima especificada, em notação Python, escreva uma função genérica que constrói uma sequência dos nós da treliça a partir de uma lista de pontos (quer sejam a's, b's ou c's):

Apêndice M: Prova de Avaliação da Transferência de Conhecimento – 2º Exp.

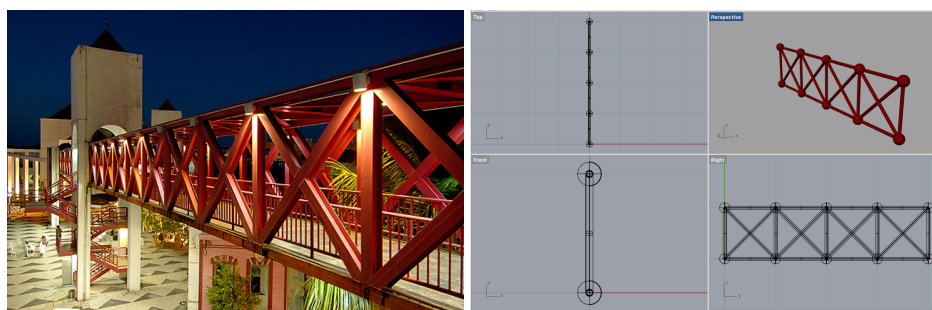
Teste de Transferência de Conhecimento

Versão em Língua Portuguesa de Thiago Pontes e Guilhermina Lobato Miranda (2017)

Python – Listas (e)

Nome / Número: _____

1. O Centro de Arte e Cultura Dragão do Mar na cidade de Fortaleza no Ceará em Brasil, possui uma linda passagem aérea projetada pelo arquiteto Fausto Nilo, conforme a figura à esquerda.



Repare que a lateral da passarela pode ser vista como uma versão de uma treliça composta por apenas duas sequências de nós. Considere, como pré-definidas, as funções `nos_trelica()` que recebe uma lista de posições como argumento, e `barras_trelica()` que recebe duas listas de posições como argumentos.

Defina a função `dragao_do_mar()` que recebe, como parâmetros, duas listas de pontos correspondentes aos centros das sequências de nós, e que cria os nós nesses pontos e as barras que os unem.

Invoque a função `dragao_do_mar()` de maneira a construir uma forma mais aproximada como a da imagem acima à direita.

```
def nos_trelica(ps):
    if ps == []:
        pass
    else:
        no_trelica(ps[0])
        nos_trelica(ps[1:])
```

```
def barras_trelica(ps, qs):
    if ps == [] or qs == []:
        pass
    else:
        barra_trelica(ps[0], qs[0])
        barras_trelica(ps[1:], qs[1:])
```

Apêndice N: Parecer da Comissão de Ética IE/ULISBOA.



INSTITUTO DE EDUCAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

COMISSÃO DE ÉTICA

PARECER

A Comissão de Ética do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, tendo procedido à análise dos elementos relativos ao projeto de investigação do estudante do curso de Doutoramento em Educação, especialidade Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação – Technology Enhanced Learning and Societal Challenges, Thiago Bessa Pontes, intitulado “Ensino da programação de desenho auxiliar por computador com aplicação do modelo 4C-ID”, considera que os princípios éticos, bem como as orientações éticas para a investigação, expressos na Carta Ética para a Investigação em Educação e Formação do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, são respeitados.

IEUL, 4 de julho de 2016,

A Vice- Presidente,

Professora Leonor Santos

